Java Collections Framework (JCF)

Gyűjtemény keretrendszer

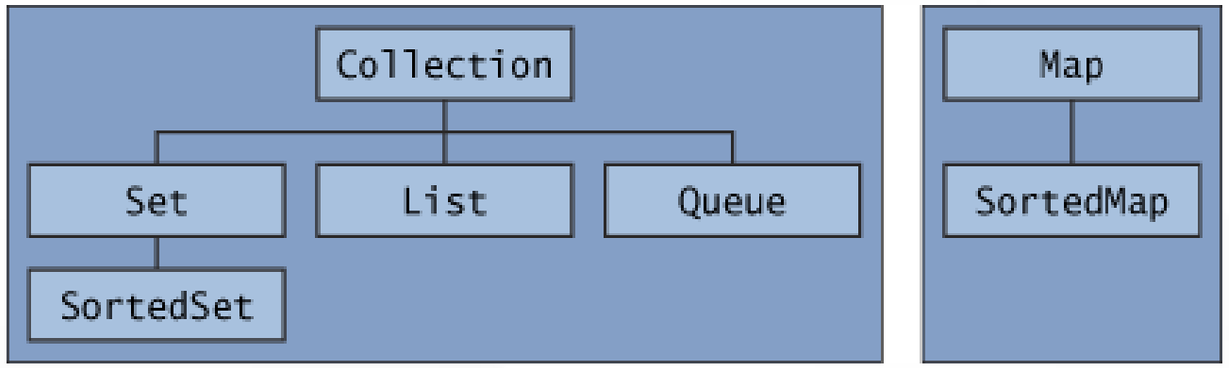
Simon Károly
simon.karoly@codespring.ro

Java Collections Framework

- **Collection** (gyűjtemény/kollekció/tároló/konténer): objektum, amely más objektumok egy „természetes” csoportosulásának (natural grouping) egy egységben történő (összefoglaló jellegű) tárolását szolgálja. Lehetőséget biztosít a tárolt elemek keresésére/ kinyerésére és manipulálására.
- **JCF**: a gyűjtemények használatát segítő keretrendszer.
- A JCF részei:
  - **Interfészek**: absztrakt adattípusok, melyek gyűjtemények megvalósítástól (implementációtól) független ábrázolását szolgálják.
  - **Implementációk**: a gyűjtemény interfészek konkrét megvalósításai.
  - **Algoritmusok**: gyűjteményekkel kapcsolatos hasznos műveletek (keresés, rendezés stb.). Ezeket a műveleteket az interfészeket implementáló objektumokon végezhetjük (egy adott metódus egy gyűjtemény interfész különböző implementációi esetében egyaránt érvényes).

JCF Interfészek

- Az alapvető gyűjteményeknek megfelelő interfészek hierarchiája (a JCF alapja):



- A Collection interfész deklarációja:

```
public interface Collection<E>…
```

- Minden interfész generikus típus paraméterrel rendelkezik (lásd Java generics). A Collection példányok deklarációjánál meg lehet (és tanácsos) megadni a konkrét típust. Ez lehetővé teszi a fordítási idejű ellenőrzést, segít kiszűrni a hibalehetőségeket és a kinyerésnél megkímél a manuális átalakításoktól (casting).

JCF interfészek

- **Collection:** a gyűjtemény hierarchia gyökere, a legáltalánosabb interfész, akkor használjuk ha maximális általánosságra törekszünk (pl. kollekciók átadása paraméterként), nincs direkt implementációja a JCF-ben.
- **Set**: halmaz (Collection, amelyben nincsenek duplikált elemek).
- **List**: rendezett gyűjtemény, amelyben a pozíció (az index egy pozitív egész) segítségével hivatkozhatunk az elemekre.
- **Queue**: sor, tipikusan feldolgozásra váró elemek tárolása (speciális műveletekkel), legtöbbször FIFO elv szerint rendezett elemekkel (nem feltétlenül, kivétel pl. a prioritási sor), ahol az először eltávolítandó elem a sor elején van (a FIFO esetében az új elem a végére lesz beszúrva, de más rendezés is alkalmazható).
- **Map**: kulcs-érték párok tárolása (ahol a kulcs egyedi).
- **SortedSet**: az elemeket növekvő sorrendben tárolja.
- **SortedMap**: az elemeket a kulcsok növekvő sorrendjében tárolja.

Collection

```
public interface Collection<E> extends Iterable<E> {
      // Basic operations
      int size();
      boolean isEmpty();
      boolean contains(Object element);
      boolean add(E element);                              //optional
      boolean remove(Object element);                      //optional
      Iterator<E> iterator();
      // Bulk operations (több elemet érintő metódusok)
      boolean containsAll(Collection<?> c);
      boolean addAll(Collection<? extends E> c);           //optional
      boolean removeAll(Collection<?> c);                  //optional
      boolean retainAll(Collection<?> c);                  //optional
      void clear();                                        //optional
      // Array operations
      Object[] toArray();
      <T> T[] toArray(T[] a);
}
```

Collection megjegyzések

- Az add és remove metódusok visszatérítési értéke true, ha volt változás a gyűjteményben (pl. halmaz, vagy nem létező elem esetén nem biztos).
- A konkrét implementációk esetében egyes metódusok kivételeket dobhatnak, pl.:
  - UnsupportedOperationException – az opcionális metódusok esetében (erre vonatkozik az optional megjegyzés) megtörténhet, hogy egy adott implementáció nem ad lehetőséget az illető műveletre.
  - NullPointerException – pl. ha az illető implementáció nem ad lehetőséget null elem beillesztésére.
  - IllegalArgumentException – pl. az illető elem valamilyen tulajdonsága nem teszi lehetővé a művelet végrehajtását (az illető implementáció szerint).
  - IllegalStateException – az illető művelet nem engedélyezett a gyűjtemény aktuális állapotában (az illető implementációnak megfelelően).
  - ClassCastException – az elem típusa (osztálya) miatt nem történhet meg a művelet végrehajtása.
  - ArrayStoreException – nem történhet meg a tömbbe konvertálás (típus inkompatibilitás miatt).

Collection bejárás

- For-each ciklus:

```
for (Object o : collection) System.out.println(o);
```

- Iterátorok:

```
public interface Iterator<E> {
        boolean hasNext();
        E next();
        void remove();              //optional
}
```

- Iterátort érdemes használni, ha törölni is akarunk (de ez csak akkor biztonságos, ha a bejárással egy időben más törlés nem történik), pl. szűrésnél (ahol a for-each nem használható, mert elrejti az iterátort, nem ad lehetőséget törlésre), vagy több kollekció párhuzamos bejárásánál.
- Példa:

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

Set interfész

```
public interface Set<E> extends Collection<E> {
      // Basic operations
      int size();
      boolean isEmpty();
      boolean contains(Object element);
      boolean add(E element);                              //optional
      boolean remove(Object element);                      //optional
      Iterator<E> iterator();
      // Bulk operations
      boolean containsAll(Collection<?> c);
      boolean addAll(Collection<? extends E> c);           //optional
      boolean removeAll(Collection<?> c);                  //optional
      boolean retainAll(Collection<?> c);                  //optional
      void clear();                                        //optional
      // Array Operations
      Object[] toArray();
      <T> T[] toArray(T[] a);
}
```

Műveletek halmazokkal

- ```
  Set<Type> union = new HashSet<Type>(s1);
  union.addAll(s2);
  ```
- ```
  Set<Type> intersection = new HashSet<Type>(s1);
  intersection.retainAll(s2);
  ```
- ```
  Set<Type> difference = new HashSet<Type>(s1);
  difference.removeAll(s2);
  ```
- ```
  import java.util.*;
  public class FindDups {
        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)) dups.add(a);
                uniques.removeAll(dups);
                System.out.println("Unique words: " + uniques);
                System.out.println("Duplicate words: " + dups);
        }
  }
  ```

List interfész

```
public interface List<E> extends Collection<E> {
      // Positional access
      E get(int index);
      E set(int index, E element);                    //optional
      boolean add(E element);                         //optional
      void add(int index, E element);                 //optional
      E remove(int index);                            //optional
      boolean addAll(int index,
                     Collection<? extends E> c);      //optional
      // Search
      int indexOf(Object o);
      int lastIndexOf(Object o);
      // Iteration
      ListIterator<E> listIterator();
      ListIterator<E> listIterator(int index);
      // Range-view
      List<E> subList(int from, int to);
}
```

List iterátor

- ```
  public interface ListIterator<E> extends Iterator<E> {
        boolean hasNext();
        E next();
        boolean hasPrevious();
        E previous();
        int nextIndex();
        int previousIndex();
        void remove();                    //optional
        void set(E e);                    //optional
        void add(E e);                    //optional
  }
  ```
- Példa:

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

Map interfész

```
public interface Map<K,V> {
        // Basic operations
        V put(K key, V value);
        V get(Object key);
        V remove(Object key);
        boolean containsKey(Object key);
        boolean containsValue(Object value);
        int size();
        boolean isEmpty();
        // Bulk operations
        void putAll(Map<? extends K, ? extends V> m);
        void clear();
        // Collection Views
        public Set<K> keySet();
        public Collection<V> values();
        public Set<Map.Entry<K,V>> entrySet();
        // Interface for entrySet elements
        public interface Entry {
                K getKey();
                V getValue();
                V setValue(V value);
        }
}
```

Queue interfész

- ```
  public interface Queue<E> extends Collection<E> {
        E element();
        boolean offer(E e);
        E peek();
        E poll();
        E remove();
  }
  ```
- Bounded queue: az elemek száma (kapacitás) korlátozott.
- add/remove/element – kivételeket generálnak
  (add – IllegalStateException,
  remove/element – NoSuchElementException)
- offer/poll/peek – az offer false-ot fordít vissza ha nem lehetséges (kapacitás), a poll/peek null értéket adnak vissza.
  ```

Objektumok rendezése

- Az l List elemei, amennyiben implementálják a Comparable interfészt, rendezhetőek:

```
Collections.sort(l);
```

- Az elemek rendezhetőek, ha implementálják a Comparable interfészt:
-
```
public interface Comparable<T> {
      public int compareTo(T o);
}
```

- Visszafordított érték: negatív egész, ha az o kisebb; 0, ha egyenlőek; pozitív egész, ha nagyobb.
- Példa:

```
import java.util.*;
public class Name implements Comparable<Name> {
      private final String firstName, lastName;
      …
      public int compareTo(Name n) {
                int lastCmp = lastName.compareTo(n.lastName);
      return (lastCmp!=0 ? lastCmp :
                                    firstName.compareTo(n.firstName));
      }
}
```

A Comparator interfész

- Ha nem az alapértelmezett („természetes”) módon akarjuk rendezni az elemeket, vagy a Comparable interfészt nem implementáló objektumokat akarunk rendezni.
- ```
  public interface Comparator<T> {
        int compare(T o1, T o2);
  }
  ```
- Példa: az alkalmazottakat (Employee) általában név szerint rendezzük (így van implementálva a compareTo metódus), de adott esetben szükségünk lehet régiség szerinti rendezésre.

```
…static final Comparator<Employee> SENIORITY_ORDER =
     new Comparator<Employee>() {
               public int compare(Employee e1, Employee e2) {
                        return e2.hireDate().compareTo(e1.hireDate());
               } };
…
List<Employee>e = new ArrayList<Employee>(employees);
Collections.sort(e, SENIORITY_ORDER);
System.out.println(e);
```
```

A SortedSet és SortedMap interfészek

- ```
  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 (returns null for natural order)
        Comparator<? super E> comparator();
  }
  ```
- ```
  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();
  }
  ```

Implementációk

- Implementáció típusok:
  - Általános célú
  - Speciális – speciális esetekben alkalmazzuk (megkötések, spec. viselkedés)
  - Konkurens – több végrehajtási szál esetére tervezve (egy szál esetén a teljesítmény rovására), a java.util.concurrent csomag részei
  - Csomagoló (wrapper) – a többi implementációval (ált. az általános célúval) együtt használjuk (extra funkcionalitások, korlátozások)
  - Kényelmi – tipikusan gyártó metódusokon keresztül érhetőek el, az általános célúak alternatívájaként, speciális esetekben (pl. singleton halmaz)
  - Absztrakt – vázlatos implementációk, az egyéni implementációk támogatására

Általános célú implementációk

- List
  - ArrayList – változó méretű tömböt használ (gyors).
  - LinkedList – duplán láncolt listát használ.
- Map
  - HashMap – hasító tábla, változó méretű tömbök segítségével implementálva.
  - LinkedHashMap – a HashMap leszármazottja, duplán láncolt listát használ (a bejárás a beillesztés sorrendjében történik).
- Set
  - HashSet – hasító tábla alapú (konkrétan HashMap példányt használ).
  - LinkedHashSet – a HashSet-ből származtatott, hasító táblát (HashMap példányt) és duplán láncolt listát (LinkedList példányt), a bejárás a beillesztés sorrendjében történik (ellentétben a HashSet –tel, ahol a sorrendre nincs garancia).
- SortedMap
  - TreeMap – rendezett, piros fekete fán alapul.
- SortedSet
  - TreeSet – TreeMap alapú.
- Queue
  - LinkedList – FIFO.
  - PriorityQueue – érték szerinti rendezés.

Általános jellemzők

- Az interfészekben deklarált összes metódust implementálják.
- Megengedik a null elemeket.
- Egyik sem szinkronizált (thread-safe) (szakítás a múlttal), de mindegyik átalakítható szinkronizált gyűjteménybe a megfelelő wrapper implementációk alkalmazásával. A java.util.concurrent package további interfészeket és implementációkat biztosít.
- Mindegyik szerializálható és mindegyik biztosít clone metódust.
- **Interfészekben gondolkodjunk!** (A konkrét implementáció általában csak a teljesítmény szempontjából számít, kiválasztása a körülmények függvényében történik)

Implementáció választása

- A HashSet gyors, a TreeSet rendezett, a LinkedHashSet bizonyos értelemben átmenetet képez (a Map implementációk esetében hasonló a helyzet).
- Az ArrayList általában gyorsabb (hozzáférés az elemekhez konstans időben), de sok iterálás/törlés/lista elejére történő beillesztés esetén előnyösebb lehet a LinkedList (konstans időben történnek, míg az ArrayList esetében lineáris). A LinkedList a Queue interfészt is implementálja.
- Általában: változó méretű tömb használata esetén (pl. ArrayList): ha nem (jól) határozzuk meg (nem tudjuk) a kapacitást (tárolandó elemek számát) gondot jelenthet. Ha túl nagy → fölöslegesen nő a komplexitás (bizonyos műveletek lineáris idejűek), ha túl kicsi → a növelés másolással jár (és ettől nő a komplexitás) (megjegyzés: System.arraycopy() (native) használata).
-
```
public void ensureCapacity(int minCapacity) {
        modCount++;
        int oldCapacity = elementData.length;
        if (minCapacity > oldCapacity) {
                Object oldData[] = elementData;
                int newCapacity = (oldCapacity * 3)/2 + 1;
                if (newCapacity < minCapacity)
                newCapacity = minCapacity;
                elementData = Arrays.copyOf(elementData, newCapacity);
         }
}
```

Wrapper implementációk

- Wrapper: a feldolgozást továbbítja (egy adott gyűjteményhez), de további funkcionalitásokat biztosít (Decorator minta).
- Szinkronizálás, módosítások letiltása (Unmodifiable Wrappers), típusellenőrző wrapperek (Check Interface Wrappers, a statikus ellenőrzés kikerülésének (pl. legacy code alkalmazásának esetén) megelőzése) .
- Szinkronizálás:
  - A Collections osztály statikus metódusai (Factory minta):

```
public static <T> Collection<T> synchronizedCollection(Collection<T> c);
public static <T> Set<T> synchronizedSet(Set<T> s);
public static <T> List<T> synchronizedList(List<T> list);
public static <K,V> Map<K,V> synchronizedMap(Map<K,V> m);
public static <T> SortedSet<T> synchronizedSortedSet(SortedSet<T> s);
public static <K,V> SortedMap<K,V> synchronizedSortedMap(SortedMap<K,V> m);
```

  - `List<Type> list = Collections.synchronizedList(new ArrayList<Type>());`
  - Az iterálás szinkronizálását manuálisan kell megoldani (a több léptetés műveletet egyetlen (atomi) műveletként kell szinkronizálni):

```
Collection<Type> c = Collections.synchronizedCollection(myCollection);
synchronized(c) { for (Type e : c) foo(e); }
```

Convenience implementációk

- Tömb (array) lista (list) nézete:

```
List<String> list = Arrays.asList(new String[size]);
```

- Több másolatot tartalmazó lista:

```
List<Type> list =
      new ArrayList<Type>(Collections.nCopies(1000, (Type)null);
```

(az eredmény egy lista 1000 null elemmel)

- Egyetlen meghatározott elemből álló lista:

```
job.values().removeAll(Collections.singleton(LAWYER));
```

(egy elem minden előfordulását törölni akarjuk egy listából)

- Üres gyűjtemények

```
tourist.declarePurchases(Collections.emptySet());
```

(a metódus gyűjteményt vár, de nincsen amit átadni)

Speciális implementációk

- Set: EnumSet (az elemek (azonos) enum típusúak, egy bit sorozatban tárolhatóak), CopyOnWriteArraySet (a változásokat előidéző műveletknél másolat készül, nincs szükség blokkolásra).
- List: CopyOnWriteArrayList.
- Map: EnumMap, WeakHashMap (gyenge kulcs referenciák, a kulcs-elem párok felszabadíthatóak, ha a kulcsra kívülről nincs referencia), IdentityHashMap.

Szinkronizált implementációk (java.util.concurrent)

- Map → ConcurrentMap (interface) → ConcurrentHashMap
- Queue → BlockingQueue (interface) → LinkedBlockingQueue, ArrayBlockingQueue, PriorityBlockingQueue, DelayQueue, SynchronousQueue

Algoritmusok

- A Collections osztály statikus metódusai
  - `public static void shuffle(List l)`
  - `public static void sort(List l)  //merge sort`
  - `public static void sort(List l, Comparator c)`
  - `public static void swap(List l, int i, int j)`
  - `public static void rotate(List l, int distance)`
  - `public static void reverse(List l)`
  - `public static Object min(Collection c)`
  - `public static int binarySearch(List l, Object o)`
  - `public static int binarySearch(List l, Object o, Comparator c)`
  - `public static void copy(List dest, List src)`
  - `public static void fill(List l, Object o)`

Egyéni implementációk

```
private static class MyArrayList<T>
            extends AbstractList<T> {

      private final T[] a;

      MyArrayList(T[] array) {
            a = array;
      }
      public T get(int index) {
            return a[index];
      }
      public T set(int index, T element){
            T oldValue = a[index];
            a[index] = element;
            return oldValue;
      }
      public int size() {
            return a.length;
      }

}
```

- AbstractCollection
- AbstractSet
- AbstractList
- AbstractSequentialList
- AbstractQueue
- AbstractMap

Előző verziók

- Vector, Hashtable: az előző Java verzióknak is részei voltak (ezek a verziók még nem tartalmazták a JCF -ot), a JCF bevezetése után „beleillesztették” őket a keretrendszerbe.
- Tulajdonképpen az ArrayList és HashMap szinkronizált változatainak tekinthetőek (de: nem engedik meg a null értékeket, és bár az iterátorok biztonságosak (fail-safe) (iterálás közbeni változtatások), a metódusok által visszatérített Enumeration-ok nem azok).
- Legacy code (kompatibilitással kapcsolatos meggondolások, generics):

```
class LegacyCode{

  public static List getItems(){
    List list = new ArrayList();
    list.add(new Integer(1));
    list.add(“ketto”);
    return list;
  }
}
```

```
class NaiveClient{

  public void processItems(){
    List<Integer> list =
                LegacyCode.getItems();
    int s =0;
    for (int i:list) s+=i;
  }
}
```