Seznam, množina, iterátory

Potomci `Collection`

Podívejme se na potomky rozhraní `Collection`, konkrétně:

Rozhraní `List`
: má implementace

- `ArrayList` - seznam na bázi pole, rychlý při přímém přístupu, nejběžnější
- `LinkedList` - spojovaný seznam, méně používaný

Rozhraní `Set`
: má implementace

- `HashSet` - množina na bázi hašovací tabulky, nejčastěji používaná

Seznam `List`

- něco jako dynamické pole
- každý uložený prvek má svou pozici — **číselný index**
- index je celočíselný, nezáporný, typu `int`
- umožňuje procházení seznamu dopředně i zpětně - indexem či iterátorem
- lze pracovat i s *podseznamy*, něco jako řezy (slices) v Pythonu:

```
List<E> subList(int fromIndex, int toIndex)
```

Implementace seznamu `ArrayList`

- nejpoužívanější implementace seznamu
- využívá **pole** pro uchování prvků
- při zvětšování/zmenšování se vytváří nové pole a prvky se musejí přesouvat
- rychlý přístup k prvkům dle indexu
- pomalé operace přidávání a odebírání prvků blíže k začátku seznamu (pole, v němž je seznam, se musí realokovat)

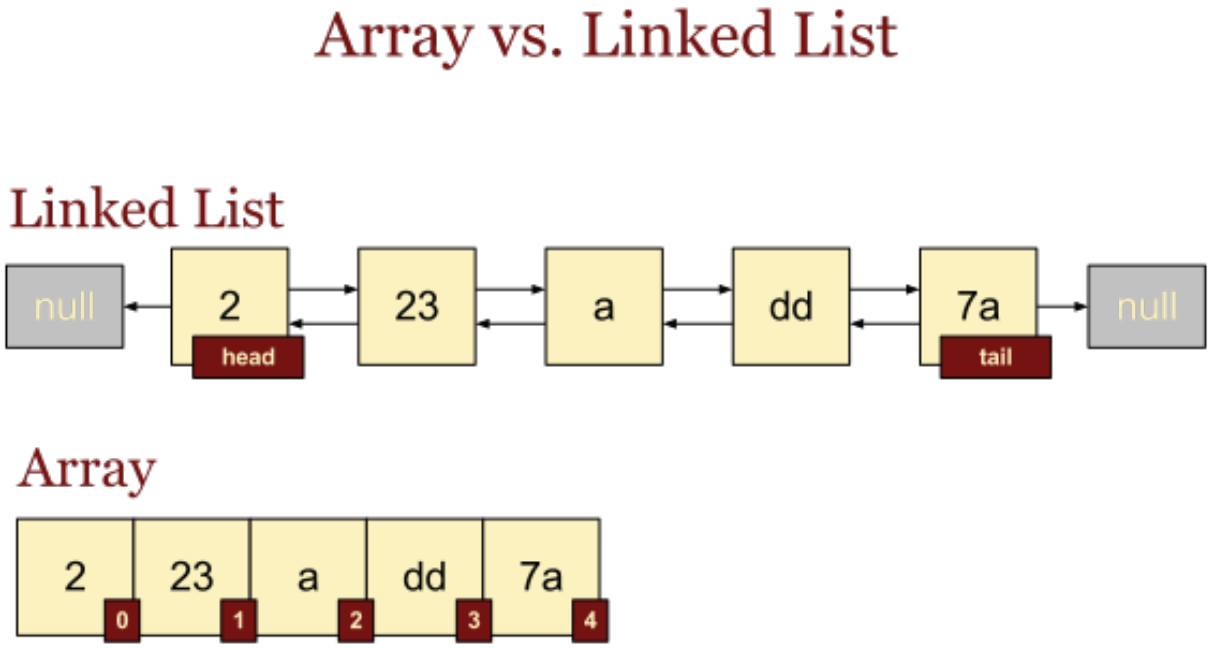
Javadoc třídy `ArrayList`

Implementace seznamu `LinkedList`

- druhá nejpoužívanější implementace seznamu
- využívá **zřetězený seznam** pro uchování prvků
- pomalejší operace přístupu k prvkům dle indexu "uvnitř" seznamu
- rychlejší operace přidávání a odebírání prvků na začátku a na konci, resp. blízko nich

Javadoc třídy `LinkedList`

ArrayList vs. LinkedList



Kontejnery ukladají pouze jeden typ, v tomto případě `String`.

Výkonnostní porovnání seznamů

```
List implementation:                      | ArrayList | LinkedList
------------------------------------------------------------------
add 100000 elements                       | 12 ms     | 8 ms
remove all elements from last to first    | 5 ms      | 9 ms
add 100000 elements at 0th position       | 1025 ms   | 18 ms
remove all elements from 0th position     | 1014 ms   | 10 ms
add 100000 elements at random position    | 483 ms    | 34504 ms
remove all elements from random position  | 462 ms    | 36867 ms
```

Nevhodné případy užití tedy jsou `ArrayList` pro *přidávání/odebírání zkraje*

> seznamu a pro dlouhé seznamy `LinkedList`jakékoli přístupy *uprostřed*.

Konstruktory seznamů

`new ArrayList<>()`
: vytvoří prázdný seznam (s kapacitou 10 prvků)

`new ArrayList<>(int initialCapacity)`
: vytvoří prázdný seznam s danou kapacitou

`new ArrayList<>(Collection<? extends E> c)`
: vytvoří seznam a naplní ho prvky kolekce `c`

Kapacita reprezentuje interní kapacitu, **neznamená** to počet `null` prvků v nové kolekci!

Vytváření kolekcí přes metody `of`

Kromě `new` a konstruktoru lze přes statické tovární metody, kolekce jsou ale pak neměnné:

`List.of(elem1, elem2, ⋯)`
- vytvoří seznam a naplní ho danými prvky
- vrátí **nemodifikovatelnou** kolekci

`Set.of`, `Map.of`
: analogicky

Vytváření kolekcí přes `new`

Chceme-li kolekci modifikovatelnou, musíme vytvořit novou `new`:

```
List<String> modifiableList = new ArrayList<>(List.of("Y", "N"));
```

Jelikož v množině nejsou duplicity, `Set.of` si hlídá, abychom prvek nepřidali vícekrát: proto selže například `Set.of("foo", "bar", "baz", "foo");`

Na zamyšlení

Jak udělám ze seznamu typu `List` kolekci `Collection`?

- v podstatě nedělám nic - seznam už *je* kolekcí

```
// change the type, it is its superclass
```

```
Collection<Long> collection = list;
```

Jak udělám z kolekce `Collection` seznam `List`?

- musíme vytvořit nový seznam a prvky tam zkopírovat

```
// create new list
List<Long> l = new ArrayList<>(collection);
```

Metody rozhraní `List` I

Rozhraní `List` dědí od `Collection`.

Kromě metod v `Collection` obsahuje další metody:

`E get(int index)`

- vrátí prvek na daném indexu
- `IndexOutOfBoundsException` je-li mimo rozsah

`E set(int index, E element)`

- nahradí prvek s indexem `index` prvkem `element`
- vrátí předešlý prvek

Metody rozhraní `List` II

`void add(int index, E element)`

- přidá prvek na daný index (prvky za ním posune)

`E remove(int index)`

- odstraní prvek na daném indexu (prvky za ním posune)
- vrátí odstraněný prvek

`int indexOf(Object o)`

- vrátí index **prvního** výskytu `o`
- jestli kolekce prvek neobsahuje, vrátí -1

`int lastIndexOf(Object o)`

totéž, ale vrátí index **posledního** výskytu

Příklad použití seznamu

```
List<String> list = new ArrayList<>();
list.add("A");
list.add("C");
list.add(1, "B");
```

```
// ["A", "B", "C"]

list.get(2); // "C"
list.set(1, "D"); // "B"
list.indexOf("D"); // 1
```

Množina, `Set`

- odpovídá matematické představě množiny
- prvek lze do množiny vložit nejvýš *jedenkrát*
- při porovnávání rozhoduje rovnost **podle výsledku volání** `equals`
- umožňuje rychlé dotazování na přítomnost prvku
- provádí rychle atomické operace - se složitostí *O(1), nejhůře O(log(n))*:
  - vkládání prvku — `add`
  - odebírání prvku — `remove`
  - dotaz na přítomnost prvku — `contains`

Množiny jsou primárně bez pořadí, bez uspořádání, existuje však i množina s uspořádáním.

equals & hashCode — opakování

`equals`

zjistí, jestli jsou objekty obsahově stejné (porovnání atributů).

`hashCode`

vrací pro obsahově stejné objekty stejné číslo, **haš**.

Co je haš?

jakési *falešné ID* — pro různé objekty může `hashCode` vracet stejný haš.

Implementace množiny — `HashSet`

- Ukládá objekty do hašovací tabulky podle haše
- Ideálně konstantní operace (tj. sub-logaritmická složitost)
- Když má více prvků stejný haš, existuje více způsobů řešení
- Pro (ne úplně ideální) `hashCode` x + y vypadá tabulka následovně:

```
haš  | objekt
0    | [0,0]
1    | [1,0] [0,1]
```

```
2    | [1,1] [0,2] [2,0]
3    | [2,1] [1,2] [0,3] [3,0]
```

Javadoc třídy `HashSet`

`HashSet` pod lupou

`boolean contains(Object o)`

- vypočte haš tázaného prvku `o`
- v tabulce najde objekt uložený pod stejným hašem
- objekt porovná s `o` pomocí `equals`

Co když mají všechny objekty stejný haš?

- Množinové operace budou velmi, velmi pomalé.
- Chtěná složitost O(1), O(log n) zdegeneruje na lineární *O(n)*.

Co když mají stejné objekty různé haše?

- Porušíme kontrakt (předpis) metody `hashCode`.
- Množina `HashSet` přestane fungovat, bude obsahovat duplicity nebo vložený prvek už nenajdeme!

Speciální množina `LinkedHashSet`

- Další implementací množiny je `LinkedHashSet` = HashSet + LinkedList.
- Zachová pořadí prvků dle jejich vkládání, což jinak u `HashSet` neplatí.

Další lineární struktury

Zásobník

třída `Stack`, struktura LIFO

Fronta

třída `Queue`, struktura FIFO

- fronta může být také *prioritní* — `PriorityQueue`

Oboustranná fronta

třída `Deque` (čteme "deck")

- slučuje vlastnosti zásobníku a fronty
- nabízí operace příslušné oběma typům - vkládání i odběr z obou stran

Starší typy kontejnerů

- Existují tyto starší typy kontejnerů (za → uvádíme náhradu):
  - `Hashtable` → `HashMap`, `HashSet` (podle účelu)
  - `Vector` → `List`
  - `Stack` → `List` nebo lépe `Queue` či `Deque`

Kontejnery a primitivní typy

- Kontejnery ukládájí pouze odkazy na objekty, **neukládají primitivní typy**.
- Proto používame jejich objektové protějšky — `Integer, Char, Boolean, Double`...
- Java automaticky dělá *zabalení*, tzv. **autoboxing** — konverzi primitivního typu na objekt "wrapper".
- Pro zpětnou konverzi se analogicky dělá tzv. **unboxing**, *vybalení*.

```
List<Integer> list = new ArrayList<>();
list.add(new Integer(1));
list.add(1); // autoboxing
int primitiveType = list.get(0); // unboxing
```

Procházení kolekcí

Základní typy:

For-each cyklus

- jednoduché, intuitivní
- nepoužitelné pro modifikace samotné kolekce

Iterátory

- náročnější, ale flexibilnější
- modifikace povolena, např. mazání prvku pod iterátoem

Lambda výrazy s `forEach`

- například `list.forEach(System.out::println)`

For-each cyklus I

- Je rozšířenou syntaxí cyklu `for`.
- Umožňuje procházení kolekcí i **polí**.

```
List<Integer> numbers = List.of(1, 1, 2, 3, 5);
```

```
for(Integer i: list) {
   System.out.println(i);
}
```

For-each cyklus II

- For-each neumožňuje modifikace kolekce.
- Jestli kolekci změníme, nemůžeme pokračovat v iterování — dojde k vyhození `ConcurrentModificationException`.
- Odstranění prvku a vyskočení z cyklu však funguje:

```
Set<String> set = Set.of("Donald Trump", "Barrack Obama");
for(String s: set) {
  if (s.equals("Donald Trump")) {
    set.remove(s);
    break;
  }
}
```

Iterátory

- Sekvenční procházení prvků kolekce v *neurčeném pořadí* nebo *uspořádání* (u uspořádaných kolekcí)
- Každý iterátor musí implementovat velmi jednoduché rozhraní `Iterator<E>`

Příklad s `while`

- Běžné použití pomocí `while`:

```
Set<Integer> set = Set.of(1, 2, 3);
Iterator<Integer> iterator = set.iterator();
while(iterator.hasNext()) {
  Integer element = iterator.next();
  ...
}
```

Metody iterátorů

`E next()`

- vrátí následující prvek
- `NoSuchElementException` jestli iterace nemá žádné zbývající prvky

`boolean hasNext()`

- `true` jestli iterace obsahuje nějaký prvek

`void remove()`

- odstraní prvek z kolekce
- maximálně jednou mezi jednotlivými voláními `next()`

Iterátor — příklad

Pro procházení iterátorem se dá použít i `for` cyklus:

```
Set<String> set = Set.of("Donald Trump", "Barrack Obama", "Hillary Clinton");

for (Iterator<String> iter = set.iterator(); iter.hasNext();) {
  String element = iter.next();
  if (!element.equals("Barrack Obama")) iter.remove();
}
```

Roli iterátoru plnil dříve *výčet* (`Enumeration`) — nepoužívat.

Repl.it demo k iterátorům (a komparátorům z příští přednášky)

- https://repl.it/@tpitner/PB162-Java-Lecture-08-iterators-and-comparator

Kontejnery kontejnerů

- Kromě kontejnerů obsahujících již koncové hodnoty, jsou často používané i kontejnery obsahující další kontejnery:
- Například `List<Set<Integer>>` bude obsahovat seznam množin celých čísel, tedy třeba `[{1, 4, -2}, {0}, {-1, 3}]`.
- Nebo mapa, která studentům přiřazuje seznam známek `Map<Student, List<Integer>>`.

Repl.it demo ke kontejnerům kontejnerů

- https://repl.it/@tpitner/PB162-Java-Lecture-08-map-of-lists