A Java haladó szintű lehetőségei

Jeszenszky Péter
Debreceni Egyetem, Informatikai Kar
jeszenszky.peter@inf.unideb.hu

Utolsó módosítás: 2023. február 4.

Tárgyalt témák

- Nem absztrakt interfész metódusok
- `java.util.Optional`
- Funkcionális interfészek
- Lambda kifejezések
- Streamek

Java SE 8

- 2014. március 18-án jelent meg a JDK 8.
  - Lásd: JDK 8: *General Availability* https://mail.openjdk.java.net/pipermail/announce/2014-March/000166.html
- Újdonságok:
  - *What's New in JDK 8* https://www.oracle.com/java/technologies/javase/8-whats-new.html
  - *JDK 8 Features* http://openjdk.java.net/projects/jdk8/features
- A legfontosabb változások, név szerint a lambda kifejezések és a streamek egy OpenJDK alprojekt, a *Project Lambda* keretében kerültek kifejlesztésre.
  - Lásd: *Project Lambda* http://openjdk.java.net/projects/lambda/

Nem absztrakt interfész metódusok: interfészek fejlődése (1)

- **Probléma**: hogyan adhatók hozzá új metódusok egy már létező interfészhez?
  - Amikor egy új metódust adunk hozzá egy interfészhez, akkor egy implementációt kell nyújtanunk hozzá minden egyes, az interfészt implementáló osztályban.
    - Széles körben használt interfész esetén ez hatalmas mennyiségű munkát igényelhet!
- **Megoldás**: az alapértelmezett és statikus interfész metódusok úgy teszik lehetővé új metódusok hozzáadását egy interfészhez, hogy azok automatikusan rendelkezésre állnak minden implementációban.
  - Ráadásul ezen metódusok hozzáadása nem igényli a létező implementációk módosítását vagy újrafordítását.
    - Ezt **bináris kompatibilitás**nak nevezik.

Nem absztrakt interfész metódusok: interfészek fejlődése (2)

- Valós példa (Java SE):
  - Vegyük például a `java.lang.Iterable<T>` interfészt a Java SE 7-ben: https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/lang/Iterable.html

```
public interface Iterable<T> {

  Iterator<T> iterator();

}
```

Nem absztrakt interfész metódusok: interfészek fejlődése (3)

- Valós példa (Java SE): (folytatás)
  - A Java SE 8 a `forEach(`*consumer*`)` és `spliterator()` alapértelmezett metódusokat adta hozzá az interfészhez:

```
public interface Iterable<T> {

  Iterator<T> iterator();

  default void forEach(Consumer<? super T> action) {
    Objects.requireNonNull(action);
    for (T t : this) {
      action.accept(t);
    }
  }

  default Spliterator<T> spliterator() {
    return Spliterators.spliteratorUnknownSize(iterator(), 0);
  }

}
```

Nem absztrakt interfész metódusok (1)

- Egy nem absztrakt interfész metódus egy, a `default`, `static` vagy `private` módosítók valamelyikével deklarált interfész metódus, melynek metódustörzse is van.
  - Az alapértelmezett metódusokat és statikus interfész metódusokat a Java SE 8 vezette be, a privát interfész metódusokat a Java SE 9.
- Implicit módon absztrakt minden olyan interfész metódus, melynek nincs `private`, `default` vagy `static` módosítója.

Nem absztrakt interfész metódusok (2)

- Az `abstract`, `default` és `static` módosítók kölcsönösen kizárják egymást interfész deklarációknál.
  - Fordítási hiba, ha egy interfész deklarációnak egynél több módosítója van ezek közül.
- Fordítási hiba, ha egy, a `private` módosítót tartalmazó interfész metódus deklaráció az `abstract` vagy `default` módosítót is tartalmazza.
- Azonban megengedett, hogy egy interfész metódus deklaráció a `private` és a `static` módosítót is tartalmazza.

Nem absztrakt interfész metódusok: Alapértelmezett metódusok (1)

- Egy alapértelmezett metódus egy interfészben a `default` módosítóval deklarált példánymetódus.
  - Virtuális kiterjesztési metódusnak (***virtual extension method***) is nevezik.
- A metódustörzs a metódus implementációját szolgáltatja az interfészt a metódus felülírása nélkül implementáló osztályok számára.
- Fordítási hiba, ha egy alapértelmezett metódus a `java.lang.Object` osztály egy metódusát írja felül.

Nem absztrakt interfész metódusok: Alapértelmezett metódusok (2)

- Amikor egy interfész kiterjeszt egy alapértelmezett metódust tartalmazó interfészt, akkor a következőket teheti:
  - Egyáltalán nem említi az alapértelmezett metódust, mely azt jelenti, hogy örökli azt.
  - Újradefiniálhatja a metódust, felülírva azt.
  - Absztraktként deklarálhatja újra a metódust, mely a felülírására kényszeríti az implementáló osztályokat.
- Hasonlóan, amikor egy osztály implementál egy alapértelmezett metódust tartalmazó interfészt, akkor a következőket teheti:
  - Egyáltalán nem említi az alapértelmezett metódust, mely azt jelenti, hogy örökli azt.
  - Újradefiniálhatja a metódust, felülírva azt.
  - Absztraktként deklarálhatja újra a metódust, mely a felülírására kényszeríti az alosztályokat. (Ez a lehetőség csak akkor adott, ha az osztály absztrakt.)

Nem absztrakt interfész metódusok: Alapértelmezett metódusok (3)

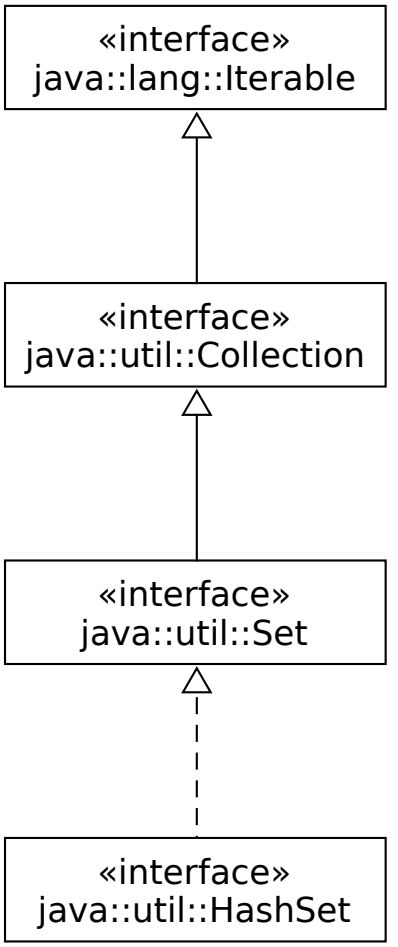
- Valós példa az OpenJDK 11-ből:
  - Lásd az alábbi interfészek és osztályok `spliterator()` metódusát:
    - `java.lang.Iterable`
      https://docs.oracle.com/en/java/javase/11/docs/api/java.base/java/lang/Iterable.html
    - `java.util.Collection`
      https://docs.oracle.com/en/java/javase/11/docs/api/java.base/java/util/Collection.html
    - `java.util.Set`
      https://docs.oracle.com/en/java/javase/11/docs/api/java.base/java/util/Set.html
    - `java.util.HashSet`
      https://docs.oracle.com/en/java/javase/11/docs/api/java.base/java/util/HashSet.html

```
// java.lang.Iterable:
public interface Iterable<T> {
  ...
  default Spliterator<T> spliterator() {
    return Spliterators.spliteratorUnknownSize(iterator(), 0);
  }
}

// java.util.Collection:
public interface Collection<E> extends Iterable<E> {
  ...
  @Override
  default Spliterator<E> spliterator() {
    return Spliterators.spliterator(this, 0);
  }
}

// java.util.Set:
public interface Set<E> extends Collection<E> {
  ...
  @Override
  default Spliterator<E> spliterator() {
    return Spliterators.spliterator(this, Spliterator.DISTINCT);
  }
}

// java.util.HashSet:
public class HashSet<E> extends AbstractSet<E>, implements Set<E>,
  Cloneable, java.io.Serializable {
  ...
  public Spliterator<E> spliterator() {
    return new HashMap.KeySpliterator<>(map, 0, -1, 0, 0);
  }
}
```



Nem absztrakt interfész metódusok: Alapértelmezett metódusok (5)

- Ennek nem szándékos következményeként az alapértelmezett metódusok lehetővé teszik a többszörös öröklést.
  - Példa:

```
public interface A {
  default void someMethod() {
    System.out.println("A.someMethod() is called");
  }
}

public interface B {
  default void someMethod() {
    System.out.println("B.someMethod() is called");
  }
}

public class SomeClass implements A, B {
} // nem fordul le
```

Nem absztrakt interfész metódusok: Alapértelmezett metódusok (6)

- Ennek nem szándékos következményeként az alapértelmezett metódusok lehetővé teszik a többszörös öröklést.
  - Példa: (folytatás)
    - Az alábbi hibát kapjuk a `SomeClass` osztály fordításakor:

```
SomeClass.java:1: error: types A and B are incompatible;
public class SomeClass implements A, B {
       ^
  class SomeClass inherits unrelated defaults for someMethod()
  from types A and B
1 error
```

Nem absztrakt interfész metódusok: Alapértelmezett metódusok (7)

- Ennek nem szándékos következményeként az alapértelmezett metódusok lehetővé teszik a többszörös öröklést.
  - Példa: (folytatás)
    - A hiba javításához az osztály újra kell, hogy definiálja a metódust:

```
public class SomeClass implements A, B {

  @Override
  public void someMethod() {
     // implementáció adása
  }

}
```

Nem absztrakt interfész metódusok: Alapértelmezett metódusok (8)

- Ennek nem szándékos következményeként az alapértelmezett metódusok lehetővé teszik a többszörös öröklést.
  - Példa: (folytatás)
    - Az újradefiniált metódus azonban bármely deklaráló interfész alapértelmezett implementációját meghívhatja:

```
public class SomeClass implements A, B {

  @Override
  public void someMethod() {
    A.super.someMethod();
  }

}
```

Nem absztrakt interfész metódusok: Alapértelmezett metódusok (9)

- Példák alapértelmezett metódusokra a Java SE 17-ben:
  - `java.util.Comparator` https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/Comparator.html
    - Lásd például a `reversed()` metódust.
  - `java.lang.Iterable` https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/lang/Iterable.html
    - Lásd a `forEach(`*action*`)` és `spliterator()` metódusokat.
  - `java.util.Collection` https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/Collection.html
    - Lásd például a `stream()` és `parallelStream()` metódusokat.
  - `java.util.List` https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/List.html
    - Lásd például a `sort(`*comparator*`)` metódust.
  - `java.util.stream.Stream` https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/stream/Stream.html
    - Lásd a `dropWhile(`*predicate*`)` és `takeWhile(`*predicate*`)` metódusokat.
  - …

Nem absztrakt interfész metódusok: statikus interfész metódusok (1)

- Egy statikus interfész metódus egy interfészben a `static` módosítóval deklarált metódus.
- A statikus interfész metódusokat nem öröklik az alinterfészek.
- A statikus interfész metódusok hívása egy bizonyos példányra történő hivatkozás nélkül történik, az osztályok statikus metódusaihoz hasonlóan.
- Fordítási hiba egy statikus metódus törzsében a `this` vagy a `super` kulcsszó előfordulása.

Nem absztrakt interfész metódusok: statikus interfész metódusok (2)

- A statikus interfész metódusok lehetővé teszik egy interfészhez kötődő konkrét segédmetódusok hozzáadását közvetlenül magához az interfészhez.
  - A Java SE 8 előtt az ilyen segédmetódusokat kizárólag külön segédosztályokban lehetett megadni.

Nem absztrakt interfész metódusok: statikus interfész metódusok (3)

- Valós példa az OpenJDK 17-ből: `java.util.List`
  https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/List.html

```
package java.util;
...
public interface List<E> extends Collection<E> {
   ...
   static <E> List<E> of() {
         return (List<E>) ImmutableCollections.EMPTY_LIST;
   }

   static <E> List<E> of(E e1) {
         return new ImmutableCollections.List12<>(e1);
   }
   ...
}
```

Nem absztrakt interfész metódusok: statikus interfész metódusok (4)

- Példák statikus interfész metódusokra a Java SE 17-ben:
  - `java.util.Comparator`
    https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/Comparator.html
    - Lásd például a `naturalOrder()` és `reverseOrder()` metódusokat.
  - `java.util.List`
    https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/List.html
    - Lásd a `copyOf(`*collection*`)` és az `of(...)` metódusokat.
  - `java.util.stream.Stream`
    https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/stream/Stream.html
    - Lásd például a `builder()`, `empty()` és `of(...)` metódusokat.
  - ...

Nem absztrakt interfész metódusok: privát interfész metódusok (1)

- Egy privát interfész metódus egy interfészben a `private` módosítóval deklarált metódus.
  - A `private` módosító kombinálható a `static` módosítóval.
- A privát interfész metódusokat nem öröklik az alinterfészek.
- Az alapértelmezett metódusok és a statikus interfész metódusok közötti kódmegosztásra szolgálnak.

Nem absztrakt interfész metódusok: privát interfész metódusok (2)

- Példa:

```
public interface Bookshelf {

  List<Book> getBooks();

  default List<Book> filterByPublisher(String publisher) {
    return getBooks().stream()
      .filter(book -> book.getPublisher().equals(publisher))
      .collect(Collectors.toList());
  }

  default List<Book> filterByKeyword(String keyword) {
    return getBooks().stream()
      .filter(book -> book.getKeywords().contains(keyword))
      .collect(Collectors.toList());
  }
}
```

Nem absztrakt interfész metódusok: privát interfész metódusok (3)

- Példa: az előző interfész refaktorált változata, mely egy privát interfész metódust használ

```
public interface Bookshelf {

  List<Book> getBooks();

  default List<Book> filterByPublisher(String publisher) {
    return filterBy(book -> book.getPublisher().equals(publisher));
  }

  default List<Book> filterByKeyword(String keyword) {
    return filterBy(book -> book.getKeywords().contains(keyword));
  }

  private List<Book> filterBy(Predicate<Book> predicate) {
    return getBooks().stream()
      .filter(predicate)
      .collect(Collectors.toList());
  }
}
```

java.util.Optional (1)

- Egy konténer objektum, mely vagy tartalmaz egy nem `null` értéket, vagy nem.
- Elsődlegesen olyan metódusok visszatérési típusaként szolgál, melyeknél egyértelműen szükséges a „nincs eredmény” ábrázolása és ahol `null` használata valószínűleg hibát okoz.
  - Rákényszeríti a programozót arra, hogy foglalkozzon egy érték hiányával, így tehát segíti a `NullPointerException` kivételek elkerülését.
- Egy `Optional` típusú változó értéke soha nem szabad, hogy `null` legyen, mindig egy `Optional` példányra kell, hogy mutasson.
- Lásd: `java.util.Optional<T>` https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/Optional.html

java.util.Optional (2)

- Statikus metódusok:
  - `Optional<T> empty()`:
    - Visszaad egy üres `Optional` példányt.
  - `Optional<T> of(T value)`:
    - Visszaad egy `Optional` példányt a megadott nem `null` értékkel.
  - `Optional<T> ofNullable(T value)`:
    - Visszaad egy `Optional` példányt, mely a megadott értéket tartalmazza, ha az nem `null`, egyébként egy üres `Optional` példányt ad vissza.
- Példánymetódusok:
  - `boolean isPresent()`:
    - Visszaadja, hogy a példány tartalmaz-e értéket.
  - `T get()`:
    - Ha a példány tartalmaz értéket, akkor visszaadja azt, egyébként `NoSuchElementException` kivételt dob.
  - `T orElse(T other)`:
    - Ha a példány tartalmaz értéket, akkor visszaadja azt, egyébként `other`-t adja vissza.
  - …

java.util.Optional (3)

- Primitív specializált verziók:
  - `java.util.OptionalDouble`
    https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/OptionalDouble.html
  - `java.util.OptionalInt`
    https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/OptionalInt.html
  - `java.util.OptionalLong`
    https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/OptionalLong.html

java.util.Optional (4)

- Példa:

```
Optional<Book> findBook(String isbn) {
  // ...
}

Optional<Book> optional = findBook(isbn);
if (optional.isPresent()) {
  Book book = optional.get();
  // használjuk a Book objektumot
} else {
  // foglalkozzunk az objektum hiányával
}
```

Funkcionális interfészek (1)

- Egy funkcionális interfész egy olyan interfész, melynek csak egy absztrakt metódusa van.
  - Egyetlen absztrakt metódusú (***Single Abstract Method*** – SAM) interfészként vagy típusként is ismert.
  - Az egyetlen absztrakt metódust a funkcionális interfész **funkcionális metódus**ának nevezik.
  - Egy funkcionális interfésznek több alapértelmezett, statikus és/vagy privát metódusa is lehet.
    - Az alapértelmezett és statikus interfész metódusok a Java SE 8-ban kerültek bevezetésre, a privát interfész metódusok a Java SE 9-ben.
- Lásd:
  - *The Java Language Specification, Java SE 17 Edition – Functional Interfaces.* https://docs.oracle.com/javase/specs/jls/se17/html/jls-9.html#jls-9.8

Funkcionális interfészek (2)

- A `FunctionalInterface` annotáció interfész szolgál annak jelzésére, hogy egy interfész funkcionális.
  - Lásd: `java.lang.FunctionalInterface` https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/lang/FunctionalInterface.html
- Fordítási hibát okoz, ha egy interfész deklaráció a `@FunctionalInterface` annotációval van megjelölve, de valójában nem funkcionális interfész.
- Mivel bizonyos interfészek esetlegesen funkcionálisak, nem szükséges vagy kívánatos minden funkcionális interfész megjelölése a `@FunctionalInterface` annotációval.

Funkcionális interfészek (3)

- Példa:

```
@FunctionalInterface
public interface Task {
  void perform();
}
```

```
@FunctionalInterface
public interface Converter<F, T> {
  T convert(F from);
}
```

Beépített funkcionális interfészek (1)

- A Java SE 8-ban sok ténylegesen funkcionális interfész meg lett jelölve a `@FunctionalInterface` annotációval.
  - Lásd: *Uses of Uses of Annotation Interface* ***`java.lang.FunctionalInterface`***
    https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/lang/class-use/FunctionalInterface.html
  - Példák:
    - `java.io.FileFilter`
      https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/io/FileFilter.html
    - `java.lang.Runnable`
      https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/lang/Runnable.html
    - `java.util.Comparator<T>`
      https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/Comparator.html
    - …

Beépített funkcionális interfészek (2)

- A Java SE 8 ráadásul sok új funkcionális interfész is bevezetett, lásd a `java.util.function` csomagot.
  - Lásd: `java.util.function` https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/function/package-summary.html
  - Példák:
    - `java.util.function.Function<T,R>`
    - `java.util.function.Predicate<T>`
    - `java.util.function.Supplier<T>`
    - `java.util.function.Consumer<T>`
    - …

Beépített funkcionális interfészek (3)

- `java.util.function.Function<T,R>`
  - Egy eredményt létrehozó egyargumentumú függvényt ábrázol.
  - Funkcionális metódusa: `R apply(T t)`.
    - Az adott argumentumra alkamazza a függvényt.
  - Nem absztrakt metódusai:
    - `andThen(after)`: visszaad egy összetett függvényt, mely először a példány által ábrázolt függvényt alkalmazza a bemenetére, majd az `after` függvényt az eredményre.
    - `compose(before)`: visszaad egy összetett függvényt, mely először a `before` függvényt alkalmazza a bemenetére, majd a példány által ábrázolt függvényt az eredményre.
    - `identity()`: visszaad egy, mindig az argumentumát visszaadó függvényt.
  - Lásd: https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/function/Function.html

Beépített funkcionális interfészek (4)

- `java.util.function.Predicate<T>`
  - Egy egyargumentumú predikátumot (logikai értékű függvényt) ábrázol.
  - Funkcionális metódusa: `boolean test(T t)`.
    - Kiértékeli a predikátumot az adott argumentumra.
  - Nem absztrakt metódusai:
    - `and(other)`, `or(other)`: visszaad egy összetett predikátumot, mely a példány és az `other` predikátum logikai konjunkcióját/diszjunkcióját ábrázolja.
    - `negate()`: visszaad egy, a példány logikai negáltját ábrázoló predikátumot.
    - ...
  - Lásd: https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/function/Predicate.html

Beépített funkcionális interfészek (5)

- `java.util.function.Supplier<T>`
  - Egy eredményeket szolgáltató objektumot ábrázol.
  - Funkcionális metódusa: `T get()`.
    - Az eredményt szolgáltatja.
  - Nem absztrakt metódusai: nincsenek
  - Lásd: https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/function/Supplier.html

Beépített funkcionális interfészek (6)

- `java.util.function.Consumer<T>`
  - Egy olyan műveletet ábrázol, mely egyetlen input argumentumot vár és nem ad vissza eredményt.
  - Funkcionális metódusa: `void accept(T t)`.
    - A műveletet hajtja végre az adott argumentumon.
  - A legtöbb funkcionális interfésszel ellentétben a `Consumer` várhatóan mellékhatást fejt ki.
  - Nem absztrakt metódusai:
    - `andThen(after)`: egy összetett `Consumer`-t ad vissza, mely először a példány által ábrázolt műveletet hajtja vége, majd az `after` műveletet.
  - Lásd: https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/function/Consumer.html

Lambda kifejezések (1)

- Egy funkcionális interfészt implementáló névtelen belső osztály egy példányát ábrázolják nagyon tömören.
  - Egy lambda kifejezés kiértékelése egy funkcionális interfészt implementáló névtelen belső osztály egy példányát hozza létre.
- Lásd: *The Java Language Specification, Java SE 17 Edition – Lambda Expressions*
  https://docs.oracle.com/javase/specs/jls/se17/html/jls-15.html#jls-15.27

Lambda kifejezések (2)

- Tekintsük a következő példányosítást:

```
new VmilyenFunkcionálisInterfész() {
  @Override
  VmilyenTípus vmilyenMetódus(paraméterek) {
    törzs
  }
}
```

- Az ekvivalens lambda kifejezés:

```
(paraméterek) -> {törzs}
```

  - Egy formális paraméterlistából és egy törzsből állnak.

Lambda kifejezések (3)

- Valós példa: szál létrehozása és indítása (Java 8 előtti és Java 8 stílus)

```
Runnable runnable = new Runnable() {
  @Override
  public void run() {
    System.out.println("Hello, World!");
  }
};
Thread thread = new Thread(runnable);
thread.start();
```

```
Runnable runnable = () -> System.out.println("Hello, World!");
Thread thread = new Thread(runnable);
thread.start();
```

Lambda kifejezések (4)

- A lambda kifejezések névtelen függvényeket ábrázolnak.

Lambda kifejezések (5)

- Példák:

```
() -> {}                          // Nincs paraméter, void eredmény
() -> 42                          // Nincs paraméter, kifejezés törzs
() -> null                        // Nincs paraméter, kifejezés törzs
() -> { return 42; }              // Nincs paraméter, blokk törzs return-nel
() -> { System.gc(); }            // Nincs paraméter, void blokk törzs
() -> {                        // Összetett blokk törzs return utasításokkal
  if (true) return 12;
  else {
    int result = 15;
    for (int i = 1; i < 10; i++)
      result *= i;
    return result;
  }
}
```

Lambda kifejezések (6)

- Példák: (folytatás)

```
(int x) -> x + 1                    // Egyetlen deklarált típusú paraméter
(int x) -> { return x + 1; }        // Egyetlen deklarált típusú paraméter
(x) -> x + 1                        // Egy kikövetkeztetett típusú paraméter
x -> x + 1                          // A zárójelek opcionálisak egyetlen
                                    // kikövetkeztetett típusú paraméternél


(String s) -> s.length()            // Egyetlen deklarált típusú paraméter
(Thread t) -> { t.start(); }        // Egyetlen deklarált típusú paraméter
s -> s.length()                     // Egy kikövetkeztetett típusú paraméter
t -> { t.start(); }                 // Egy kikövetkeztetett típusú paraméter

(int x, int y) -> x + y             // Több deklarált típusú paraméter
(x, y) -> x + y                     // Több kikövetkeztetett típusú paraméter
(var x, var y) -> x + y             // Több kikövetkeztetett típusú paraméter
(x, int y) -> x + y                 // Illegális: nem keverhető deklarált és
                                    // kikövetkeztetett típus
```

Lambda kifejezések (7)

- Paraméterek:
  - Egy lambda kifejezés formális paramétereit, ha vannak, paraméter specifikátorok egy vesszőkkel elválasztott zárójelezett listája vagy azonosítók egy vesszőkkel elválasztott zárójelezett listája adja meg.
    - Paraméter specifikátorok egy listájában minden egyes paraméter specifikátort opcionális módosítók, egy típus (vagy `var`) és a paraméter nevét megadó azonosító alkotnak.
    - Azonosítók egy listájában minden egyes azonosító egy paraméter nevét adja meg.
  - Ha egy lambda kifejezésnek nincsenek formális paraméterei, akkor a `->` token és a törzs előtt egy üres zárójelpár jelenik meg.
  - Ha egy lambda kifejezésnek pontosan egy formális paramétere van és azt egy azonosító adja meg, nem pedig paraméter specifikátor, akkor elhagyhatók az azonosító körül a zárójelek.

Lambda kifejezések (8)

- Paraméterek: (folytatás)
  - Egy lambda kifejezés minden egyes formális paraméterének egy kikövetkeztetett vagy deklarált típusa van.
    - Fordítási hibát okoz, ha egy lambda kifejezés deklarált típusú és kikövetkeztettet típusú formális paramétereket is deklarál.
  - A Java SE 11 vezeti be a `var` fenntartott típusnév használatát lambda paraméterekhez, mely lehetővé teszi hozzájuk annotációk és módosítók használatát.

Lambda kifejezések (9)

- Törzs:
  - Egyetlen kifejezés vagy egy blokk.
  - Példa:

```
file -> file.isFile() && file.getName().endsWith(".java");
```

```
file -> {
  return file.isFile() && file.getName().endsWith(".java");
}
```

Lambda kifejezések (10)

- Törzs: (folytatás)
  - A lambda kifejezések hatáskör szempontjából nem vezetnek be új szintet.
  - A törzsben megjelenő nevek, a `this` és `super` kulcsszavak jelentése ugyanaz, mint a körülvevő szövegkörnyezetben (azt kivéve, hogy a lambda paraméterek új neveket vezetnek be).
  - A befoglaló szövegkörnyezet egy lokális változója csak akkor hivatkozható, ha `final` vagy gyakorlatilag `final`, egyébként fordítási hibát kapunk.
    - Egy változó gyakorlatilag `final` (*effectively final*), ha a kezdőértékadást követően nem kap új értéket.

Lambda kifejezések (11)

- Törzs: (folytatás)
  - Példák (nem) gyakorlatilag `final` lokális változókra:

```
void m1(int x) {
  int y = 1;
  foo(() -> x + y);
  // Legális: x és y is gyakorlatilag final.
}

void m2(int x) {
  foo(() -> x + 1);
  x++;
  // Illegális: x nem gyakorlatilag final (növelésre kerül).
}
```

Lambda kifejezések (12)

- Lambda kifejezés kiértékelése nem eredményezi a kifejezés törzsének kiértékelését, a végrehajtás később történhet, amikor is a funkcionális interfész megfelelő metódusa meghívásra kerül.

Lambda kifejezések (13)

- Fordítási hibát okoz, ha egy lambda kifejezés értékadástól, hívástól vagy típuskényszerítéstől eltérő bármely más szövegkörnyezetben fordul elő egy programban.
  - Az `x -> x + 1` lambda kifejezés megengedett előfordulásai például a következők:
    - `IntFunction f = x -> x + 1;`
    - `(IntFunction) x -> x + 1`
    - `IntStream.of(1, 2, 3).map(x -> x + 1)`

Lambda kifejezések (14)

- Példa:
  - Lásd: `java.util.function.IntBinaryOperator`
    https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/function/IntBinaryOperator.html

```
IntBinaryOperator addition = (a, b) -> a + b;
IntBinaryOperator subtraction = (a, b) -> a – b;
System.out.println(addition.applyAsInt(40, 2));    // 42
System.out.println(subtraction.applyAsInt(10, 20));// -10
```

Metódus referenciák (1)

- Egy metódus referencia arra szolgál, hogy egy metódushívásra hivatkozzunk anélkül, hogy ténylegesen hívás történne.
  - Bizonyos formájú metódus referencia kifejezések lehetővé teszik az osztálypéldány létrehozás vagy tömb létrehozás úgy történő kezelését is, mintha azok metódushívások lennének.
- Egy metódus referencia kifejezés kiértékelése egy funkcionális interfésztípus egy példányát hozza létre.
  - Ez nem eredményezi a megfelelő metódus végrehajtását, a végrehajtás később történhet, amikor is a funkcionális interfész megfelelő metódusa meghívásra kerül.
- Lásd: *The Java Language Specification, Java SE 17 Edition – Method Reference Expressions* https://docs.oracle.com/javase/specs/jls/se17/html/jls-15.html#jls-15.13

Metódus referenciák (2)

- Fordítási hibát okoz, ha egy metódus referencia kifejezés értékadástól, hívástól vagy típuskényszerítéstől eltérő bármely más szövegkörnyezetben fordul elő egy programban.
  - A `System.out::println` metódus referencia kifejezés megengedett előfordulásai például a következők:
    - `Consumer<Object> consumer = System.out::println;`
    - `(Consumer<Object>) System.out::println`
    - `Stream.of(1, 2, 3).forEach(System.out::println)`

Metódus referenciák (3)

- Amikor egy típus több metódusának ugyanaz a neve vagy egy osztálynak egynél több konstruktora van, akkor a megfelelő metódus vagy konstruktor kiválasztása a metódus referencia kifejezés által megcélzott funkcionális interfésztípuson alapul.
- Ha egy metódus referencia egy példánymetódusra hivatkozik, akkor az implicit lambda kifejezésnek egy extra paramétere van ahhoz képest, amikor egy statikus metódusra hivatkozik.
  - Az extra paraméter azt a példányt határozza meg, melyen a metódus meghívásra kerül.

Metódus referenciák (4)

- Példák:
  - Referencia egy statikus metódusra:
    - `System::currentTimeMillis`
    - `java.time.LocalDate::parse`
    - `Collections::<String>singletonList`
  - Referencia egy bizonyos objektum egy példánymetódusára:
    - `"Hello, World!"::length`
    - `System.out::println`

Metódus referenciák (5)

- Példák: (folytatás)
  - Referencia egy bizonyos típus egy tetszőleges objektumának egy példánymetódusára:
    - `String::length`
    - `String::startsWith`
    - `List::size`
    - `List<String>::size`
  - Referencia egy konstruktorra:
    - `int[]::new`
    - `ArrayList::new`
    - `ArrayList<String>::new`

Metódus referenciák (6)

- Nem lehetséges egy bizonyos szignatúra előírása, mint például `Arrays::sort(int[])`. Ehelyett a funkcionális interfész szolgáltat a kiválasztási algoritmus bemenetéül szolgáló argumentum típusokat.

Metódus referenciák (7)

- Példa:
  - Referencia egy statikus metódusra:
    - Lásd: `java.util.function.LongSupplier`
      https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/function/LongSupplier.html

```
LongSupplier supplier = System::currentTimeMillis;
System.out.println(supplier.getAsLong()); // 1549705345645

Function<String, LocalDate> parser = LocalDate::parse;
LocalDate localDate = parser.apply("2019-02-09")
```

Metódus referenciák (8)

- Példa:
  - Hivatkozás egy bizonyos objektum egy példánymetódusára:
    - Lásd: `java.util.function.IntSupplier` https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/function/IntSupplier.html

```
IntSupplier supplier = "Hello, World!"::length;
System.out.println(supplier.getAsInt());   // 13

Consumer<Object> consumer = System.out::println;
consumer.accept("Hello, World!");  // Hello, World!
consumer.accept(42);               // 42
consumer.accept(LocalDate.now());  // 2021-03-07
```

Metódus referenciák (9)

- Példa:
  - Hivatkozás egy bizonyos típus egy tetszőleges objektumának egy példánymetódusára:
    - Lásd:
      - `java.util.function.ToIntFunction`
        https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/function/ToIntFunction.html
      - `java.util.function.BiPredicate`
        https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/function/BiPredicate.html

```
ToIntFunction<String> length = String::length;
System.out.println(length.applyAsInt("Hello, World!"));    // 13

BiPredicate<String, String> startsWith = String::startsWith;
System.out.println(startsWith.test("Hello, World!", "He"));// true
```

Metódus referenciák (10)

- Példa:
  - `java.time.LocalDate`
    https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/time/LocalDate.html
    - `(Supplier<LocalDate>) LocalDate::now`
      `// static LocalDate now();`
    - `(Function<Clock, LocalDate>) LocalDate::now`
      `// static LocalDate now(Clock clock);`
    - `(Function<ZoneId, LocalDate>) LocalDate::now`
      `// static LocalDate now(ZoneId zone);`

Metódus referenciák (11)

- Példa:
  - `java.lang.Integer`
    https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/lang/Integer.html
    - `(IntFunction<String>) **Integer::toString**`
      `// static String toString(int i);`
    - `(BiFunction<Integer, Integer, String>) **Integer::toString**`
      `// static String toString(int i, int radix);`
    - ~~`(Function<Integer, String>) **Integer::toString**`~~ `// hiba`
      - Nem egyértelmű, mindkét alábbi metódus illeszkedik rá:
        - `String toString();`
        - `static String toString(int i);`

Metódus referenciák (12)

- Példa:
  - Referencia konstruktorra:

```
IntFunction<int[]> intArrayFactory = int[]::new;
int[] a = intArrayFactory.apply(5);

Supplier<ArrayList<String>> arrayListFactory1 =
  ArrayList<String>::new;  // alapértelmezett konstruktor
var list1 = arrayListFactory1.get();
list1.add("Hello, World!");

IntFunction<ArrayList<String>> arrayListFactory2 =
  ArrayList<String>::new;  //egyargumentumú konstruktor
var list2 = arrayListFactory2.apply(5)
list2.add("Hello, World!");
```

Metódus referenciák (13)

- Gyakorlati példa:

```
String[] fruits = new String[] {
  "plum",
  "PEACH",
  "apricot",
  "BANANA",
  "APPLE",
  "pear"
};
Arrays.sort(fruits, String::compareToIgnoreCase);
System.out.println(Arrays.toString(fruits));
// [APPLE, apricot, BANANA, PEACH, pear, plum]
```

Streamek

- Egy stream elemek egy sorozata, melyen műveletek végezhetők.
- A `java.util.stream.Stream<T>` interfész ábrázol egy streamet.
  - Lásd: https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/stream/Stream.html
- Lásd a `java.util.stream` csomagot is. https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/stream/package-summary.html

Streamek: eltérések a kollekcióktól

- A streamek több tekintetben is különböznek a kollekcióktól:
  - **Nincs mögöttük tárhely**: egy stream nem egy elemeket tároló adatszerkezet, hanem elemeket továbbít egy forrásból.
  - **Funkcionális természetűek**: egy művelet egy streamen egy eredményt hoz létre, de nem módosítja a stream forrását.
  - **Nem feltétlenül korlátosak**: míg a kollekciók véges méretűek, a streamek nem szükségszerűen; a rövidzár műveletek lehetővé tehetik számítások véges időben történő befejezését végtelen streameken.
  - **Fogyaszthatók**: egy stream elemei csupán egyszer kerülnek meglátogatásra a stream élete során, pont úgy, mint egy iterátornál.

Streamek: létrehozás (1)

- Streamek többféle módon hozhatók létre, például:
  - **Kollekciókból**: a `stream()` és `parallelStream()` metódusokkal.
  - **Tömbökből**: a `java.util.Arrays` osztály `stream(...)` statikus gyártó metódusaival.
  - **Egyedi objektumokból**:
    - A `java.util.Stream`. interfész `of(T t)` és `of(T... values)` statikus gyártó metódusaival.
    - A `java.util.Stream`. interfész `builder()` metódusa által visszaadott `Stream.Builder` objektummal.

Streamek: létrehozás (2)

- Számos Java SE osztály biztosít metódusokat streamek szerzéséhez, például:
  - **`java.io.BufferedReader`**: a `lines()` metódus sorok egy streamjét adja vissza.
  - **`java.lang.String`**: a `lines()` metódus sorok egy streamjét adja vissza.
  - …
- Lásd: *Uses of Interface* ***`java.util.stream.Stream`***
  https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/stream/class-use/Stream.html

Streamek: létrehozás (3)

- Példa:

```
// Stream létrehozása kollekcióból:
import java.util.List;
...
List<String> list = List.of("apple", "banana", "orange", "pear");
Stream<String> stream = list.stream();
```

```
// Stream létrehozása tömbből:
import java.util.Arrays;
...
Stream<String> stream = Arrays.stream(new String[] {
  "apple",
  "banana",
  "orange",
  "pear"
});
```

Streamek: létrehozás (4)

- Példa: (folytatás)

```
// Stream létrehozása egyedi objektumokból:
Stream<String> stream = Stream.of("apple", "banana", "orange", "pear");
```

```
// Stream létrehozása egyedi objektumokból Stream.Builder-rel:
Stream.Builder<String> builder = Stream.builder();
Stream<String> stream = builder.add("apple")
                               .add("banana")
                               .add("orange")
                               .add("pear")
                               .build();
```

Streamek: létrehozás (5)

- Példa: (folytatás)

```
// Stream létrehozása sztringből:
Stream<String> stream = "Hello,\nWorld!".lines();
```

```
// Stream létrehozása szövegállományból:
import java.nio.file.Files;
import java.nio.file.Path;
...
Stream<String> stream = Files.lines(Path.of("lines.txt"));
```

Streamek: létrehozás (6)

- További programkönyvtárak:
  - ***jOOQ*** (licenc: nem szabad/*Apache License 2.0*) https://www.jooq.org/ https://github.com/jOOQ/jOOQ
  - ***Jakarta JSON Processing (JSON-P)*** https://projects.eclipse.org/projects/ee4j.jsonp https://github.com/jakartaee/jsonp-api
    - `jakarta.json.stream` csomag https://jakarta.ee/specifications/jsonp/2.1/apidocs/jakarta.json/jakarta/json/stream/package-summary.html
    - Implementációk:
      - *Eclipse Parsson* (licenc: *Eclipse Public License v2*/GPLv2) https://projects.eclipse.org/projects/ee4j.parsson https://github.com/eclipse-ee4j/parsson
      - *Joy* (licenc: *Apache License 2.0*) https://leadpony.github.io/joy/ https://github.com/leadpony/joy
  - ***Speedment*** (licenc: nem szabad/*Apache License 2.0*) https://speedment.com/ https://github.com/speedment/speedment

Streamek: műveletek (1)

- A stream műveletek két típusba sorolhatók:
  - A **köztes műveletek** (***intermediate operations***) egy új streamet adnak vissza.
    - Példák: `filter()`, `map()`, `sorted()`
  - A **terminális műveletek** (***terminal operations***) egy streamtől különböző eredményt hoznak létre vagy mellékhatást eredményeznek.
    - Tehát `void` vagy nem stream visszatérési típusúak.
    - Példák: `count()`, `max()`, `forEach()`

Streamek: műveletek (2)

- A köztes műveletek további két típusba sorolhatók:
  - Az **állapotmentes műveletek** (***stateless operations***) nem őriznek a korábban látott elemekből állapotot, amikor egy új elemet dolgoznak fel, tehát minden egyes elem a többi elemen történő műveletektől függetlenül dolgozható fel.
    - Példák: `filter()`, `map()`
  - Az **állapotőrző műveletek** (***stateful operations***) felhasználhatnak a korábban látott elemekből állapotot, amikor új elemeket dolgoznak fel, eredmény létrehozása előtt szükséges lehet számukra a teljes bemenet feldolgozása.
    - Példák: `distinct()`, `sorted()`

Streamek: műveletek (3)

- Bizonyos műveletek **rövidzár művelet**nek (***short-circuiting operation***) vannak jelölve:
  - Egy köztes művelet rövidzár, ha végtelen bemenetből is létrehozhat eredményként egy véges streamet.
    - Példák: `limit()`, `takeWhile()`
  - Egy terminális művelet rövidzár, ha végtelen bemenet esetén is befejezheti működését véges időben.
    - Példák: `anyMatch()`, `findFirst()`
- Ha egy csővezetékben egy rövidzár művelet van, az csupán szükséges, de nem elégséges feltétele annak, hogy egy végtelen bemenet feldolgozása véges időben fejeződjön be.

Streamek: sorrend

- A forrástól és a köztes műveletektől függően a streameknek lehet egy meghatározott sorrendje (***encounter order***), melyben az elemeket a műveletek számára szolgáltatják.
  - Bizonyos stream források (mint például a `java.util.List` vagy a tömbök) lényegükből fakadóan rendezettek, míg mások (például a `java.util.HashSet`) nem.
  - Néhány köztes művelet, mint például a `sorted()`, egy sorrendet írhat elő egy egyébként rendezetlen streamhez, mások pedig rendezetlenné tehetnek egy rendezett streamet, mint például a `BaseStream.unordered()`.
  - Néhány terminális művelet továbbá figyelmen kívül hagyhatja a sorrendet, mint például a `forEach()` párhuzamos stream csővezetékeknél.

Streamek: viselkedési paraméterek kívánatos jellemzői (1)

- A legtöbb stream művelet a felhasználó által meghatározott viselkedést leíró paramétereket vár.
- Ezek a viselkedési paraméterek mindig egy funkcionális interfész példányai és rendszerint lambda kifejezések vagy metódus referenciák.

Streamek: viselkedési paraméterek kívánatos jellemzői (2)

- A viselkedési paraméterek kívánatos jellemzői:
  - **Interferencia-mentesség (*non-interference*)**:
    - A viselkedési paraméterek nem szabad, hogy módosítsák a stream adatforrását.
  - **Állapotmentesség (*statelessness*)**:
    - Egy lambda kifejezés (vagy a megfelelő funkcionális interfészt implementáló más objektum) állapotőrző, ha eredménye olyan állapottól függ, mely a stream csővezeték végrehajtása során megváltozhat.
    - A stream csővezeték eredménye nemdeterminisztikus vagy rossz lehet, ha a stream műveletek viselkedési paraméterei állapotőrzők.

Streamek: viselkedési paraméterek kívánatos jellemzői (3)

- Példa az interferencia-mentességi követelmény megsértésére:
  - Az alábbi kód `java.util.ConcurrentModificationException` kivételt dob:

```
List<String> list = new ArrayList<>(List.of("apple", "banana"));
list.stream()
  .peek(s -> list.add("peach"))
  .forEach(System.out::println); // kivételt dob
```

Streamek: viselkedési paraméterek kívánatos jellemzői (4)

- Példa az állapotmentességi követelmény megsértésére:

```
for (int i = 0; i < 5; i++) {
  Set<Integer> seen = new HashSet<>();
  int sum = IntStream.of(1, 2, 1, 3, 2, 1, 4)
    .parallel()
    .map(n -> seen.add(n) ? n : 0)
    .sum();
  System.out.println(sum);
}
// 14
// 11
// 12
// 10
// 10
```

Streamek: viselkedési paraméterek kívánatos jellemzői (5)

- Példa az állapotmentességi követelmény megsértésére: (folytatás)
  - Ahhoz, hogy mindig a helyes eredményt kapjuk, egy szinkronizált (szálbiztos) halmaz szükséges, azonban ez aláássa a párhuzamosságot!

```
for (int i = 0; i < 5; i++) {
  Set<Integer> seen = Collections.synchronizedSet(new HashSet<>());
  int sum = IntStream.of(1, 2, 1, 3, 2, 1, 4)
    .parallel()
    .map(n -> seen.add(n) ? n : 0)
    .sum();
  System.out.println(sum);
}
// 10
// 10
// 10
// 10
// 10
```

Streamek: viselkedési paraméterek kívánatos jellemzői (6)

- Példa az állapotmentességi követelmény megsértésére: (folytatás)
  - A helyes eredmény valójában állapotőrző lambda kifejezés használata nélkül, a párhuzamosságot maximálisan kihasználó módon is megkapható.

```
for (int i = 0; i < 5; i++) {
  int sum = IntStream.of(1, 2, 1, 3, 2, 1, 4)
    .parallel()
    .distinct()
    .sum();
  System.out.println(sum);
}
// 10
// 10
// 10
// 10
// 10
```

Streamek: viselkedési paraméterek kívánatos jellemzői (7)

- Kerülendő a viselkedési paramétereknél a mellékhatás.
  - A `forEach()` és `forEachOrdered()` terminális műveletek kivételével a viselkedési paraméterek mellékhatásai nem mindig kerülnek végrehajtásra.
    - Megengedett egy implementáció számára a számítás optimalizálásához műveletek (vagy teljes szakaszok) kihagyása a csővezetékből – ennélfogva viselkedési paraméterek végrehajtásának kihagyása –, ha ez nem befolyásolja az eredményt.

Streamek: viselkedési paraméterek kívánatos jellemzői (8)

- Kerülendő a viselkedési paramétereknél a mellékhatás. (folytatás)
  - Példa: a `count()` terminális művelet
    - Egy implementáció dönthet úgy, hogy nem hajtja végre a stream csővezetéket, ha az elemek számát közvetlenül a stream forrásból is meg tudja határozni.
      - A `map()` és `peek()` köztes műveletek nem kerülnek végrehajtásra az alábbi csővezetékben!

```
List.of("apple", "banana", "peach")
  .stream()
  .map(String::toUpperCase)
  .peek(System.out::println)
  .count(); // eredmény: 3
```

Streamek: csővezetékek (1)

- Stream műveletek egy csővezetékké láncolhatók össze.
- Egy stream csővezeték egy forrásból áll, melyet nulla vagy több köztes művelet és egy terminális művelet követ.

Streamek: csővezetékek (2)

- A köztes műveletek mindig lusta kiértékelésűek.
  - Egy köztes művelet végrehajtása ténylegesen nem eredményez semmiféle műveletvégzést.
  - A csővezeték forrásának bejárása nem kezdődik el, míg a terminális művelet végrehajtásra nem kerül.
- Majdnem minden esetben mohó kiértékelésűek a terminális műveletek.
  - Egy terminális művelet végrehajtása indítja el az adatforrás bejárását, a csővezeték feldolgozása a visszatérés előtt fejeződik be.

Streamek: csővezetékek (3)

- Példa:

```
Stream.of("banana", "apple", "pear", "orange")
  .filter(s -> s.length() > 4)   // köztes művelet
  .map(String::toUpperCase)      // köztes művelet
  .sorted()                      // köztes művelet
  .forEach(System.out::println);// terminális művelet
// APPLE
// BANANA
// ORANGE
```

Streamek: csővezetékek (4)

- A terminális művelet végrehajtása során a csővezeték elhasználódik és nem többé használható.
  - Példa:

```
Stream<String> stream = Stream.of("apple", "banana", "orange", "pear")
  .filter(s -> s.length() == 6);
stream.anyMatch(s -> s.endsWith("e"));  // eredmény: true
stream.count();                         // eredmény: IllegalStateException
```

Streamek: csővezetékek (5)

- A terminális művelet végrehajtása során a csővezeték elhasználódik és nem többé használható.
  - Ha újra be kell járni ugyanazt az adatforrást, akkor egy új streamet kell szerezni az adatforrástól.
    - Példa:

```
Supplier<Stream<String>> supplier =
  () -> Stream.of("apple", "banana", "orange", "pear")
          .filter(s -> s.length() == 6);
supplier.get().anyMatch(s -> s.endsWith("e"));   // eredmény: true
supplier.get().count();                          // eredmény: 2
```

Streamek: csővezetékek (6)

- A köztes műveletek lusta kiértékelése lehetőséget kínál optimalizálásra.
  - Köztes műveletek egy lánca végrehajtható az adatokon egyszer végighaladva minimális közbülső állapottal.

Streamek: csővezetékek (7)

- Kizárólag állapotmentes köztes műveleteket tartalmazó csővezetékek feldolgozhatók egyetlen menetben, szekvenciálisan és párhuzamosan is, minimális pufferelléssel.

Streamek: primitív streamek (1)

- A következő specializált stream interfészek állnak rendelkezésre primitív típusú értékek sorozatainak feldolgozásához:
  - `java.util.stream.IntStream`
    https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/stream/IntStream.html
  - `java.util.stream.DoubleStream`
    https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/stream/DoubleStream.html
  - `java.util.stream.LongStream`
    https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/stream/LongStream.html

Streamek: primitív streamek (2)

- A műveleteik olyan specializált funkcionális interfészek példányait várják paraméterként, mint például az `IntConsumer`, `IntFunction`, `IntPredicate` vagy `IntSupplier`.
- Az objektum streamekhez képest további terminális műveleteket biztosítanak, mint például az `average()` és `sum()`.

Streamek: primitív streamek (3)

- Példa:

```
IntStream.of(1, 2, 3, 4)
   .map(i -> i * i)
   .average()
   .ifPresent(System.out::println); // 7.5
```

```
IntStream.range(1, 5)
   .map(i -> i * i)
   .average()
   .ifPresent(System.out::println); // 7.5
```

```
IntStream.rangeClosed(1, 3)
   .mapToObj(i -> "x" + i)
   .forEach(System.out::println);
// x1
// x2
// x3
```

Streamek: primitív streamek (4)

- Példa: (folytatás)

```
Stream.of("banana", "fig", "mango")
   .mapToInt(String::length)   // egy IntStream-et ad vissza
   .forEach(System.out::println);
// 6
// 3
// 4
```

```
Stream.of("A1", "B2", "C3", "D4")
   .map(s -> s.substring(1))
   .mapToInt(Integer::parseInt)      // egy IntStream-et ad vissza
   .max()
   .ifPresent(System.out::println);  // 4
```

```
DoubleStream.of(1.2, 2.3, 3.4, 4.5)
   .mapToLong(Math::round)  // egy LongStream-et ad vissza
   .sum();    // eredmény: 11
```

Streamek: csővezeték végrehajtás (1)

- A csővezetékek végrehajtása vertikálisan nem pedig horizontálisan történik!
  - Példa:

```
Stream.of("apple", "banana", "orange", "pear")
  .filter(s -> {
    System.out.println("filter: " + s);
    return true;
  })
  .forEach(s -> System.out.println("forEach: " + s));
```

```
// Output:
filter: apple
forEach: apple
filter: banana
forEach: banana
filter: orange
forEach: orange
filter: pear
forEach: pear
```

Streamek: csővezeték végrehajtás (2)

- A vertikális végrehajtás csökkentheti az elemeken végrehajtandó műveletek számát.
  - Példa:

```
Stream.of("apple", "banana", "orange", "pear")
  .map(s -> {
    System.out.println("map: " + s);
    return s.toUpperCase();
  })
  .anyMatch(s -> {
    System.out.println("anyMatch: " + s);
    return s.startsWith("B");
  });
```

```
// Output:
map: apple
anyMatch: APPLE
map: banana
anyMatch: BANANA
```

Streamek: csővezeték végrehajtás (3)

- A műveletek sorrendje jelentős hatással lehet a teljesítményre!
  - Példa: vessük össze a kimenetet a következő példa kimenetével!

```
Stream.of("apple", "banana", "orange", "pear")
  .map(s -> {
    System.out.println("map: " + s);
    return s.toUpperCase();
  })
  .filter(s -> {
    System.out.println("filter: " + s);
    return s.startsWith("A");
  })
  .forEach(s -> System.out.println("forEach: " + s));
```

```
// Output:
map: apple
filter: APPLE
forEach: APPLE
map: banana
filter: BANANA
map: orange
filter: ORANGE
map: pear
filter: PEAR
```

Streamek: csővezeték végrehajtás (4)

- A műveletek sorrendje jelentős hatással lehet a teljesítményre!
  - Példa:

```
Stream.of("apple", "banana", "orange", "pear")
  .filter(s -> {
    System.out.println("filter: " + s);
    return s.startsWith("a");
  })
  .map(s -> {
    System.out.println("map: " + s);
    return s.toUpperCase();
  })
  .forEach(s -> System.out.println("forEach: " + s));
```

```
// Output:
filter: apple
map: apple
forEach: APPLE
filter: banana
filter: orange
filter: pear
```

Streamek: csővezeték végrehajtás (5)

- A műveletek sorrendje jelentős hatással lehet a teljesítményre!
  - Példa: a `sorted()` egy állapotőrző köztes művelet, mely a teljes bemenetet elfogyaszthatja, mielőtt eredményt adna. Vessük össze a kimenetet a következő példa kimenetével!

```
Stream.of("pear", "banana", "apple", "orange")
  .sorted((s1, s2) -> {
    System.out.printf("sorted: %s, %s\n", s1, s2);
    return s1.compareTo(s2);
  })
  .filter(s -> {
    System.out.println("filter: " + s);
    return s.startsWith("a");
  })
  .map(s -> {
    System.out.println("map: " + s);
    return s.toUpperCase();
  })
  .forEach(s -> System.out.println("forEach: " + s));
```

```
// Output:
sorted: banana, pear
sorted: apple, banana
sorted: orange, apple
sorted: orange, banana
sorted: orange, pear
filter: apple
map: apple
forEach: APPLE
filter: banana
filter: orange
filter: pear
```

Streamek: csővezeték végrehajtás (6)

- A műveletek sorrendje jelentős hatással lehet a teljesítményre!
  - Példa: itt a `filter()` művelet egyetlen elemre redukálja a streamet és így egyáltalán nem történik rendezés.

```
Stream.of("pear", "banana", "apple", "orange")
  .filter(s -> {
    System.out.println("filter: " + s);
    return s.startsWith("a");
  })
  .sorted((s1, s2) -> {
    System.out.printf("sorted: %s, %s\n", s1, s2);
    return s1.compareTo(s2);
  })
  .map(s -> {
    System.out.println("map: " + s);
    return s.toUpperCase();
  })
  .forEach(s -> System.out.println("forEach: " + s));
```

```
// Output:
filter: pear
filter: banana
filter: apple
filter: orange
map: apple
forEach: APPLE
```

Streamek: redukciós műveletek (1)

- Egy redukciós művelet egy terminális művelet, mely egy input elemsorozatból egyetlen összesítő eredményt képez egy egyesítő művelet ismételt alkalmazásával.
  - Példák: számok összegének vagy maximumának meghatározása, elemek összegyűjtése egy listába.
- A stream osztályok általános célú redukciós műveletei a `reduce()` és a `collect()`, de specializált redukciós műveleteik is vannak, mint például a `sum()`, `max()` vagy `count()`.

Streamek: redukciós műveletek (2)

- Az ilyen műveletek könnyedén valósíthatók meg egyszerű szekvenciális ciklusokként, mint például:

```
int sum = 0;
for (int x : numbers) {
  sum += x;
}
```

Streamek: redukciós műveletek (3)

- A streamek azonban egy sokkal absztraktabb és tömörebb kifejezési formát használnak a számítás leírására, mely lehetővé teszi a párhuzamosítást.
  - Például az előbbi szekvenciális ciklus az alábbi módon írható:

```
int sum = numbers.stream().reduce(0, (a, b) -> a + b);
```

vagy

```
int sum = numbers.stream().reduce(0, Integer::sum);
```

Streamek: redukciós műveletek: reduce (1)

- A `reduce()` egy terminális művelet, mely elemek egy sorozatát egyetlen elemre redukálja.

Streamek: redukciós műveletek: reduce (2)

- Terminológia:
  - **Egységelem** (***identity***): a redukció kezdőértéke, egyben alapértelmezett értéke arra az esetre, ha nincsenek input elemek.
  - **Akkumulátor** (***accumulator***): egy függvény, mely két paramétert kap, nevezetesen a redukció egy részleges eredményét és a következő elemet, melyekből egy új részleges eredményt állít elő.
  - **Egyesítő** (***combiner***): egy kétparaméteres függvény, mely két részleges eredményt kap és azokat egy új részleges eredménnyé egyesíti.
    - Az egyesítő párhuzamos redukcióknál szükséges, ahol a bemenet felosztásra kerül és minden egyes partícióhoz egy részleges eredmény kerül kiszámításra, majd a részleges eredmények egyesítése révén kerül előállításra a végső eredmény.

Streamek: redukciós műveletek: reduce (3)

- Az akkumulátor és az egyesítő is egy asszociatív, interferencia mentes és állapotmentes függvény kell, hogy legyen.

Streamek: redukciós műveletek: reduce (4)

- A `reduce()` műveletnek a következő három formája van:
  - **`reduce(`*akkumulátor*`)`**:
    https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/stream/Stream.html#reduce(java.util.function.BinaryOperator)
    - Egy akkumulátor (`BinaryOperator`) alkalmazásával végez redukciót.
  - **`reduce(`*egységelem*`, `*akkumulátor*`)`**:
    https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/stream/Stream.html#reduce(T,java.util.function.BinaryOperator)
    - Egy egységelem és egy akkumulátor (`BinaryOperator`) alkalmazásával végez redukciót.
  - **`reduce(`*egységelem*`, `*akkumulátor*`, `*egyesítő*`)`**:
    https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/stream/Stream.html#reduce(U,java.util.function.BiFunction,java.util.function.BinaryOperator)
    - Egy egységelem, egy akkumulátor (`BiFunction`) és egy egyesítő (`BinaryOperator`) alkalmazásával végez redukciót.
    - Sok ezt a formát használó redukció sokkal egyszerűbben adható meg `map` és `reduce` műveletek explicit kombinálásával.

Streamek: redukciós műveletek: reduce (5)

- Példák:

```
IntStream.of(1, 3, 1, 5, 2, 3)
  .reduce((a, b) -> a + b)
  .ifPresent(System.out::println); // 15

IntStream.of(1, 3, 1, 5, 2, 3)
  .reduce(Integer::sum)
  .ifPresent(System.out::println); // 15

IntStream.of(1, 3, 1, 5, 2, 3)
  .reduce((a, b) -> a * b)
  .ifPresent(System.out::println); // 90

IntStream.of(1, 3, 1, 5, 2, 3)
  .reduce(Integer::max)
  .ifPresent(System.out::println); // 5
```

Streamek: redukciós műveletek: reduce (6)

- Példák: (folytatás)

```
Stream.of("banana", "kiwi", "pineapple", "mango")
  .reduce((x, y) -> y.length() > x.length() ? y : x)
  .ifPresent(System.out::println); // pineapple

Stream.of("banana", "kiwi", "pineapple", "mango")
  .reduce(String::concat)
  .ifPresent(System.out::println);
// bananakiwipineapplemango

Stream.of("banana", "kiwi", "pineapple", "mango")
  .reduce((x, y) -> x + "|" + y)
  .ifPresent(System.out::println);
// banana|kiwi|pineapple|mango
```

Streamek: redukciós műveletek: reduce (7)

- Példák: (folytatás)

```
Integer sum1 = IntStream.of(1, 3, 1, 5, 2, 3)
  .reduce(0, (a, b) -> a + b);   // eredmény: 15

Integer sum2 = IntStream.of(1, 3, 1, 5, 2, 3)
  .reduce(0, Integer::sum);      // eredmény: 15

Integer prod = IntStream.of(1, 3, 1, 5, 2, 3)
  .reduce(1, (a, b) -> a * b);   // eredmény: 90

Integer max = IntStream.of(1, 3, 1, 5, 2, 3)
  .reduce(Integer.MIN_VALUE, Integer::max);  // eredmény: 5
```

Streamek: redukciós műveletek: reduce (8)

- A teljesítménnyel kapcsolatos kérdés:
  - Egy akkumulátor függvény jellemzően egy új értéket ad vissza a stream minden egyes elemének feldolgozásakor. Ennek jelentős hatása lehet a teljesítményre!
  - Példa:
    - Itt a `concat()` függvény a stream minden egyes eleméhez egy új `String` objektumot hoz létre.

```
Stream<String> strings;
...
String concatenated = strings.reduce("", String::concat)
```

Streamek: redukciós műveletek: collect (1)

- Egy módosítható redukciós művelet egy módosítható eredmény konténerbe (mint például egy kollekció vagy egy `StringBuilder`) gyűjti össze az input elemeket a stream elemeinek feldolgozásakor.
- A módosítható redukciós művelet neve `collect()`.

Streamek: redukciós műveletek: collect (2)

- Terminológia:
  - **Ellátó** (***supplier***): egy új módosítható eredmény konténert létrehozó függvény.
    - Párhuzamos végrehajtásnál a függvény többször is meghívható, minden egyes alkalommal egy új értéket kell, hogy visszaadjon.
  - **Akkumulátor** (***accumulator***): egy konténerbe egy elemet helyező függvény.
  - **Egyesítő** (***combiner***): egy függvény, mely két részleges eredmény konténert fésül össze úgy, hogy a második konténer elemeit az első konténerbe helyezi.
  - **Befejező** (***finisher***): egy függvény, mely egy végső transzformációt végez egy eredmény konténeren.
  - **Gyűjtő** (***collector***): egy ellátó, egy akkumulátor, egy egyesítő és egy opcionális befejező alkotja.

Streamek: redukciós műveletek: collect (3)

- A `java.util.stream.Collector<T,A,R>` interfész ábrázol egy módosítható redukciós műveletet. https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/stream/Collector.html
  - A `java.util.stream.Collectors` osztály sok gyakori módosítható redukció megvalósítását nyújtja statikus gyártó metódusokon keresztül (például `counting()`, groupingBy(...), maxBy(...). https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/stream/Collectors.html
    - Bizonyos statikus gyártó metódusok egy ***downstream* gyűjtő** nevű gyűjtő argumentumot is kapnak, mely a visszaadott gyűjtő eredményeire kerül alkalmazásra.
- **Többszintű redukció**nak nevezzünk egy olyan csővezetéket, mely egy vagy több *downstream* gyűjtőt tartalmaz.

Streamek: redukciós műveletek: collect (4)

- Az akkumulátor és az egyesítő is egy asszociatív, interferencia mentes és állapotmentes függvény kell, hogy legyen.

Streamek: redukciós műveletek: collect (5)

- A `collect()` műveletnek a következő két formája van:
  - **`collect(`*ellátó*`, `*akkumulátor*`, `*egyesítő*`)`**: https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/stream/Stream.html#collect(java.util.function.Supplier,java.util.function.BiConsumer,java.util.function.BiConsumer)
    - Az adott ellátó (`Supplier`), akkumulátor (`BiConsumer`) és egyesítő (`BiConsumer`) alkalmazásával végez módosítható redukciót.
  - **`collect(`*gyűjtő*`)`**: https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/stream/Stream.html#collect(java.util.stream.Collector)
    - Egy gyűjtő (`Collector`) alkalmazásával végez módosítható redukciót.

Streamek: redukciós műveletek: collect (6)

- Példa:

```
List<String> list = IntStream.range(0, 10)
  .mapToObj(Integer::toString)
  .collect(ArrayList::new,     // ellátó
           ArrayList::add,     // akkumulátor
           ArrayList::addAll   // egyesítő
  );
```

mely röviden az alábbi módon írható:

```
List<String> list = IntStream.range(0, 10)
  .mapToObj(Integer::toString)
  .collect(Collectors.toList());
```

Streamek: redukciós műveletek: collect (7)

- Példa:

```
String s = Stream.of("banana", "kiwi", "pineapple", "mango")
  .collect(Collector.of(
    () -> new StringJoiner(", ", "[", "]"), // ellátó
    StringJoiner::add,          // akkumulátor
    StringJoiner::merge,        // egyesítő
    StringJoiner::toString      // befejező
  )); // eredmény: "[banana, kiwi, pineapple, mango]"
```

mely röviden az alábbi módon írható:

```
String s = Stream.of("banana", "kiwi", "pineapple", "mango")
  .collect(Collectors.joining(",", "[", "]"));
// eredmény: "[banana, kiwi, pineapple, mango]"
```

Streamek: redukciós műveletek: collect (8)

- Példa:

```
List<String> list = List.of("apple", "banana", "apple", "pear",
  "apple", "apple", "banana");
Map<String, Long> distribution = list.stream()
  .collect(Collectors.groupingBy(Function.identity(),
                                 Collectors.counting())
  );
distribution.forEach(
  (value, freq) -> System.out.printf("%s: %d\n", value, freq)
);
// banana: 2
// apple: 4
// pear: 1
```

Streamek: redukciós műveletek: összetettebb példák (1)

- Tekintsük az alábbi rekord osztályt:

```
import java.time.Year;

public record LegoSet(String number, Year year, int pieces) {

  public String toString() {
    return number;
  }

}
```

Streamek: redukciós műveletek: összetettebb példák (2)

- Tegyük fel, hogy adott az alábbi lista:

```
List<LegoSet> legoSets = List.of(
  new LegoSet("60073", Year.of(2015), 233), // Service Truck
  new LegoSet("60080", Year.of(2015), 586), // Spaceport
  new LegoSet("75211", Year.of(2018), 519), // Imperial TIE Fighter
  new LegoSet("21034", Year.of(2017), 468)  // London
);
```

Streamek: redukciós műveletek: összetettebb példák (3)

- Példák:

```
// Az 500-nál több építőelemből álló nagy Lego készletek lekérdezése:
List<LegoSet> bigLegoSets = legoSets.stream()
  .filter(legoSet -> legoSet.pieces() > 500)
  .collect(Collectors.toList());
System.out.println(bigLegoSets);
// [60080, 75211]
```

Streamek: redukciós műveletek: összetettebb példák (4)

- Példák:

```
// Az építőelemek száma összesen:
int totalPieces = legoSets.stream()
  .collect(Collectors.summingInt(LegoSet::pieces));
System.out.println(totalPieces);// 1806
```

```
// Statisztikák az építőelemek számáról:
IntSummaryStatistics piecesSummary = legoSets.stream()
  .collect(Collectors.summarizingInt(LegoSet::pieces));
System.out.println(piecesSummary);
// IntSummaryStatistics{count=4, sum=1806, min=233,
// average=451,500000, max=586}
```

Streamek: redukciós műveletek: összetettebb példák (5)

- Példák:

```
// A Lego készletek csoportosítása évenként:
Map<Year, List<LegoSet>> legoSetsByYear = legoSets
  .stream()
  .collect(Collectors.groupingBy(LegoSet::year));
System.out.println(legoSetsByYear);
// {2017=[21034], 2018=[75211], 2015=[60073, 60080]}
```

```
// A  Lego készletek számának meghatározása évenként:
Map<Year, Long> numberOfLegoSetsByYear = legoSets
  .stream()
  .collect(Collectors.groupingBy(LegoSet::year,
                                 Collectors.counting())
  );
System.out.println(numberOfLegoSetsByYear);
// {2017=1, 2018=1, 2015=2}
```

Streamek: redukciós műveletek: összetettebb példák (6)

- Példa:

```
// A legtöbb építőelemből álló Lego készlet lekérdezése:
legoSets.stream()
  .collect(Collectors.maxBy(
    Comparator.comparingInt(LegoSet::pieces)))
  .ifPresent(System.out::println);
// 60080
```

Streamek: redukciós műveletek: összetettebb példák (7)

- Példák:

```
// A Lego készletek felosztása egy predikátum által:
Map<Boolean, List<LegoSet>> map = legoSets.stream()
  .collect(Collectors.partitioningBy(
    legoSet -> legoSet.pieces() > 500));
System.out.println(map);
// {false=[60073, 21034], true=[60080, 75211]}
```

```
// A Lego készletek felosztása egy predikátum által és a Lego
// készletek számának meghatározása az egyes részekben:
Map<Boolean, Long> map = legoSets.stream()
.collect(Collectors.partitioningBy(
  legoSet -> legoSet.pieces() > 500,
  Collectors.counting()));
// {false=2, true=2}
```

Streamek: redukciós műveletek: összetettebb példák (8)

- Példák:

```
// A legtöbb elemből álló készlet évenként:
legoSets.stream()
  .collect(groupingBy(LegoSet::year,
    maxBy(Comparator.comparingInt(LegoSet::pieces))));
// {2017=Optional[21034], 2018=Optional[75211],
//   2015=Optional[60080]}
```

```
// A legtöbb elemből álló készlet évenként:
legoSets.stream().collect(groupingBy(LegoSet::year,
  collectingAndThen(maxBy(Comparator.comparingInt(LegoSet::pieces)),
    Optional::get)));
// {2017=21034, 2018=75211, 2015=60080}
```

Streamek: párhuzamosság (1)

- Minden stream művelet végrehajtható szekvenciálisan és párhuzamosan is.
- A JDK stream megvalósításai szekvenciális streameket hoznak létre, hacsak nem kérünk kifejezetten párhuzamosságot.
  - Például a `java.util.Collection` interfész `stream()` és `parallelStream()` metódusai szekvenciális illetve párhuzamos stream-eket hoznak létre.
- A nemdeterminisztikusnak jelölt műveletek (mint például a `findAny()`) kivételével egy számítás eredményét nem befolyásolja az, hogy szekvenciálisan vagy párhuzamosan történik a stream végrehajtása.

Streamek: párhuzamosság (2)

- Az alábbi módszerek valamelyikével kapható egy párhuzamos stream:
  - Egy kollekció `parallelStream()` metódusának meghívásával.
  - Egy már létező szekvenciális stream `parallel()` metódusának meghívásával.

Streamek: párhuzamosság (3)

- A párhuzamos streamek egy megosztott szálkészletet használnak, mely a `ForkJoinPool.commonPool()` statikus metódushívásával kapható meg.
  - Lásd: `java.util.concurrent.ForkJoinPool` https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/concurrent/ForkJoinPool.html
  - A készlet mérete a `java.util.concurrent.ForkJoinPool.common.parallelism` rendszertulajdonság révén szabályozható.
  - Az alábbi kódsor szemlélteti, hogyan kapható meg a készlet mérete:

```
System.out.println("Pool size: " +
  ForkJoinPool.commonPool().getParallelism());
// Pool size: 7
```

Streamek: párhuzamosság (4)

- Példa: egy szekvenciális stream

```
Stream.of("apple", "banana", "orange", "pear")
  .map(
    s -> {
      System.out.printf("map     %-6s %s\n", s,
        Thread.currentThread().getName());
      return s.toUpperCase();
    }
  ).forEach(
    s -> System.out.printf("forEach %-6s %s\n", s,
      Thread.currentThread().getName())
  );
// map     apple  main
// forEach APPLE  main
// map     banana main
// forEach BANANA main
// map     orange main
// forEach ORANGE main
// map     pear   main
// forEach PEAR   main
```

Streamek: párhuzamosság (5)

- Example: az előző példa párhuzamos verziója

```
Stream.of("apple", "banana", "orange", "pear")
  .parallel()
  .map(
    s -> {
      System.out.printf("map     %-6s %s\n", s,
        Thread.currentThread().getName());
      return s.toUpperCase();
    }
  ).forEach(
    s -> System.out.printf("forEach %-6s %s\n", s,
      Thread.currentThread().getName())
  );
// map     orange main
// map     apple  ForkJoinPool.commonPool-worker-7
// forEach APPLE  ForkJoinPool.commonPool-worker-7
// map     banana ForkJoinPool.commonPool-worker-3
// map     pear   ForkJoinPool.commonPool-worker-5
// forEach PEAR   ForkJoinPool.commonPool-worker-5
// forEach BANANA ForkJoinPool.commonPool-worker-3
// forEach ORANGE main
```

Streamek: párhuzamosság (6)

- Példa: gonosz számok
  - Egy gonosz szám egy olyan nemnegatív egész, melynek bináris alakja páros számú 1-est tartalmaz.
    - Lásd: https://en.wikipedia.org/wiki/Evil_number
  - Számoljuk meg a gonosz számokat egy szekvenciális és egy párhuzamos streammel és vessük össze a teljesítményüket!

Streamek: párhuzamosság (7)

- Példa: gonosz számok (folytatás)
  - A gonosz számok számolása szekvenciális streammel:

```
import java.util.concurrent.TimeUnit;
import java.util.stream.IntStream;
...
long startTime = System.nanoTime();
long count = IntStream.range(0, 1_000_000_000)
  .filter(n -> Integer.bitCount(n) % 2 == 0)
  .count();
long endTime = System.nanoTime();
System.out.printf("%d\nTime elapsed: %dms\n", count,
  TimeUnit.NANOSECONDS.toMillis(endTime – startTime));
// 500000000
// Time elapsed: 966ms
```

Streamek: párhuzamosság (8)

- Példa: gonosz számok (folytatás)
  - A gonosz számok számolása párhuzamos streammel:

```
import java.util.concurrent.TimeUnit;
import java.util.stream.IntStream;
...
long startTime = System.nanoTime();
long count = IntStream.range(0, 1_000_000_000)
  .parallel()
  .filter(n -> Integer.bitCount(n) % 2 == 0)
  .count();
long endTime = System.nanoTime();
System.out.printf("%d\nTime elapsed: %dms\n", count,
  TimeUnit.NANOSECONDS.toMillis(endTime – startTime));
// 500000000
// Time elapsed: 313ms
```

Streamek: párhuzamosság (9)

- Példa: gonosz számok (folytatás)
  - A párhuzamos stream felülmúlja a szekvenciálist a számok számolásakor (**313ms** / **966ms** = 0,32).
  - Számolás helyett gyűjtsük inkább össze a számokat egy listába!
    - Ekkor a szekvenciális stream nyeri a versenyt (**1737ms** / **5549ms** = 0,31)!
    - A párhuzamos verzió végrehajtásához ráadásul a `-Xmx4g` parancssori opciót is meg kell adni!

Streamek: párhuzamosság (10)

- Példa: gonosz számok (folytatás)
  - A gonosz számok összegyűjtése egy listába szekvenciális streammel:

```
import java.util.concurrent.TimeUnit;
...
long startTime = System.nanoTime();
List<Integer> result = IntStream.range(0, 100_000_000)
  .filter(n -> Integer.bitCount(n) % 2 == 0)
  .boxed()
  .collect(Collectors.toList());
long endTime = System.nanoTime();
System.out.printf("%d\nTime elapsed: %dms\n", result.size(),
  TimeUnit.NANOSECONDS.toMillis(endTime – startTime));
// 500000000
// Time elapsed: 1737ms
```

Streamek: párhuzamosság (11)

- Példa: gonosz számok (folytatás)
  - A gonosz számok összegyűjtése egy listába párhuzamos streammel:

```
import java.util.concurrent.TimeUnit;
...
long startTime = System.nanoTime();
List<Integer> result = IntStream.range(0, 100_000_000)
  .parallel()
  .filter(n -> Integer.bitCount(n) % 2 == 0)
  .boxed()
  .collect(Collectors.toList());
long endTime = System.nanoTime();
System.out.printf("%d\nTime elapsed: %dms\n", result.size(),
  TimeUnit.NANOSECONDS.toMillis(endTime – startTime));
// 500000000
// Time elapsed: 5549ms
```

Streamek: párhuzamosság (12)

- Példa: gonosz számok (folytatás)
  - A gonosz számok számolása hagyományos `for` ciklussal (gyorsabb a szekvenciális streamnél):

```
long count = 0;
long startTime = System.nanoTime();
for (int i = 0; i < 1_000_000_000; i++) {
  if (Integer.bitCount(i) % 2 == 0) {
    count++;
  }
}
long endTime = System.nanoTime();
System.out.printf("%d\nTime elapsed: %dms\n", count,
  TimeUnit.NANOSECONDS.toMillis(endTime – startTime));
// 500000000
// Time elapsed: 799ms
```

Streamek: párhuzamosság (13)

- Példa: gonosz számok (folytatás)
  - A gonosz számok összegyűjtése egy listába hagyományos `for` ciklussal:

```
ArrayList<Integer> result = new ArrayList<>();
long startTime = System.nanoTime();
for (int i = 0; i < 100_000_000; i++) {
  if (Integer.bitCount(i) % 2 == 0) {
    result.add(i);
  }
}
long endTime = System.nanoTime();
System.out.printf("%d\nTime elapsed: %dms\n", result.size(),
  TimeUnit.NANOSECONDS.toMillis(endTime – startTime));
// 500000000
// Time elapsed: 1515ms
```

Végtelen streamek (1)

- Példa: véletlen számok egy streamjének előállítása
  - A `java.util.Random` osztály statikus `doubles()` metódusa véletlen számok egy streamjét adja vissza.
    - Lásd: https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/Random.html#doubles()

```
new Random().doubles()
   .limit(5)
   .forEach(System.out::println);
// 0.6236419197176003
// 0.1221220645812179
// 0.355836701340987
// 0.608847599798222
// 0.428295926878853
```

Végtelen streamek (2)

- Példa: véletlen számok egy streamjének előállítása addig, amíg egy adott számot nem kapunk

```
new Random().ints(0, 100)
   .takeWhile(n -> n != 0)
   .forEach(System.out::println)
// 49
// 53
// 6
// 48
// 80
```

Végtelen streamek (3)

- Példa: a következő 5 gonosz szám előállítás a milliomodiktól kezdve

```
IntStream.iterate(0, n -> n + 1)
   .filter(n -> Integer.bitCount(n) % 2 == 0)
   .skip(1_000_000)
   .limit(5)
   .forEach(System.out::println);
// 2000001
// 2000002
// 2000004
// 2000007
// 2000008
```

Új lehetőségek

- A Java SE 16-ban a `java.util.stream.Stream` interfész egy `toList()` alapértelmezett metódussal bővült.
  - Tehát `stream.collect(Collectors.toList())` helyett használható `stream.toList()`.

IDE támogatás (1)

- IntelliJ IDEA:
  - *Analyze Java Stream operations*
    https://www.jetbrains.com/help/idea/analyze-java-stream-operations.html
  - *Replace stream API chain with loop*

Stream könyvtárak

- ***Guava*** (licenc: *Apache License 2.0*)
  https://github.com/google/guava
  - Lásd a `com.google.common.collect.Streams` osztályt.
    - Javadoc: https://javadoc.io/doc/com.google.guava/guava/latest/com/google/common/collect/Streams.html
- ***Mug*** (licenc: *Apache License 2.0*)
  https://github.com/google/mug
  - Javadoc: https://www.javadoc.io/doc/com.google.mug/mug/latest/
- ***StreamEx*** (licenc: *Apache License 2.0*)
  https://github.com/amaembo/streamex
  - Javadoc: https://www.javadoc.io/doc/one.util/streamex/latest/

Streamek: zárszó (1)

- Példa:
  - Forrás: Brian Goetz. *An introduction to the java.util.stream library*. May 9, 2016. https://developer.ibm.com/articles/j-java-streams-1-brian-goetz/

Streamek: zárszó (2)

```
Set<Seller> sellers = new HashSet<>();
for (Txn t : txns) {
  if (t.getBuyer().getAge() >= 65)
    sellers.add(t.getSeller());
}
List<Seller> sorted = new ArrayList<>(sellers);
Collections.sort(sorted, new Comparator<Seller>() {
  public int compare(Seller a, Seller b) {
    return a.getName().compareTo(b.getName());
  }
});
for (Seller s : sorted)
 System.out.println(s.getName());
```

```
txns.stream()
  .filter(t -> t.getBuyer().getAge() >= 65)
  .map(Txn::getSeller)
  .distinct()
  .sorted(comparing(Seller::getName))
  .map(Seller::getName)
  .forEach(System.out::println);
```

További ajánlott irodalom (1)

- Nem absztrakt interfész metódusok:
  - Brian Goetz. *Interface evolution via virtual extension methods*. June 2011. https://cr.openjdk.java.net/~briangoetz/lambda/Defender%20Methods%20v4.pdf
  - *The Java Tutorials – Trail: Learning the Java Language – Lesson: Interfaces and Inheritance*. https://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/IandI/

További ajánlott irodalom (2)

- Streamek:
  - Brian Goetz. *Java Streams – Explore the `java.util.stream` library*. 2016. https://developer.ibm.com/series/java-streams/
  - *The Java Tutorials – Trail: Learning the Java Language – Lesson: Aggregate Operations.* https://docs.oracle.com/javase/tutorial/collections/streams/