Programozási nyelvek Java

Polimorfizmus

Kozsik Tamás

ELTE
IK

Polimorfizmus: áttekintés

Polimorfizmus: típus/metódus/objektum különféle módokon való használata

Kategorizálás

- univerzális polimorfizmus (*korlátlanul kiterjeszthetően* sok mód)
  - ◇ parametrikus polimorfizmus: sablonok
  - ◇ altípusos polimorfizmus: öröklődés
- ad hoc polimorfizmus (csak *véges számú*, előre rögzített mód)
  - ◇ túlterhelés
  - ◇ explicit típuskényszerítés (cast)

ELTE
IK

Egy korábbi példa

```
public class Receptionist {
  public Time[] readWakeupTimes(String[] fnames) {
    Time[] times = new Time[fnames.length];

    for (int i = 0; i < fnames.length; ++i) {
      try {
        times[i] = readTime(fnames[i]);
      } catch (java.io.IOException e) {
        times[i] = null;   // no-op
        System.err.println("Could not read " + fnames[i]);
      }
    }
    return times; // maybe sort times before returning?
  }
  ...
}
```

ELTE
IK

A null értékek kiszűrése

```
public class Receptionist {
  public Time[] readWakeupTimes(String[] fnames) {
    Time[] times = new Time[fnames.length];
    int len = 0;
    for (int i = 0; i < fnames.length; ++i) {
      try {
        times[len] = readTime(fnames[i]);
        ++len;
      } catch (java.io.IOException e) {
        System.err.println("Could not read " + fnames[i]);
      }
    }
    return java.util.Arrays.copyOf(times,len); // possibly
                                               // sorted
  }
  ...
}
```

ELTE IK

Tömbök előnyei és hátrányai

- Elemek hatékony elérése (indexelés)
- Szintaktikus támogatás a nyelvben (indexelés, tömbliterál)
- Fix hossz: létrehozáskor
  - ◇ Bővítéshez új tömb létrehozása + másolás
  - ◇ Törléshez új tömb létrehozása + másolás

ELTE
IK

Alternatíva: java.util.ArrayList

kényelmes szabványos könyvtár, hasonló belső működés

```
String[] names = { "Tim",
                   "Jerry" };


names[0] = "Tom";
String mouse = names[1];

String[] trio = new String[3];
trio[0] = names[0];
trio[1] = names[1];
trio[2] = "Spike";
names = trio;
```

ELTE
IK

Alternatíva: java.util.ArrayList

kényelmes szabványos könyvtár, hasonló belső működés

```
String[] names = { "Tim",
                   "Jerry" };


names[0] = "Tom";
String mouse = names[1];

String[] trio = new String[3];
trio[0] = names[0];
trio[1] = names[1];
trio[2] = "Spike";
names = trio;
```

```
ArrayList<String> names =
            new ArrayList<>();
names.add("Tim");
names.add("Jerry");

names.set(0, "Tom");
String mouse = names.get(1);

names.add("Spike");
```

ELTE
IK

Az előző példa átalakítva

```
public class Receptionist {
  ...
  public ArrayList<Time> readWakeupTimes(String[] fnames) {
    ArrayList<Time> times = new ArrayList<Time>();
    for (int i = 0; i < fnames.length; ++i) {
      try {
        times.add(readTime(fnames[i]));
      } catch (java.io.IOException e) {
        System.err.println("Could not read " + fnames[i]);
      }
    }
    return times; // possibly sort before returning
  }
}
```

ELTE
IK

Paraméterezett típus

```
ArrayList<Time> times
```

```
Time[] times
Time times[]
```

Generikus osztály

Nem pont így, de hasonlóan...!

```
package java.util;
public class ArrayList<T> {
    public ArrayList() { ... }
    public T get(int index) { ... }
    public void set(int index, T item) { ... }
    public void add(T item) { ... }
    public T remove(int index) { ... }
    ...
}
```

Használatkor típusparaméter megadása

```
import java.util.ArrayList;

...

ArrayList<Time> times;
ArrayList<String> names = new ArrayList<String>();
ArrayList<String> namez = new ArrayList<>();
```

ELTE
IK

Generikus metódus

```
import java.util.*;
public class Main {
  public static <T> void reverse(T[] array) {
    int lo = 0, hi = array.length-1;
    while (lo < hi) {
      T tmp = array[hi];
      array[hi] = array[lo];
      array[lo] = tmp;
      ++lo; --hi;
    }
  }
  public static void main(String[] args) {
    reverse(args);
    System.out.println(Arrays.toString(args));
  }
}
```

ELTE
IK

Generikus metódus kézzel megadott típusparaméterrel

```
import java.util.*;
public class Main {
  public static <T> void reverse(T[] array) {
    int lo = 0, hi = array.length-1;
    while (lo < hi) {
      T tmp = array[hi];
      array[hi] = array[lo];
      array[lo] = tmp;
      ++lo; --hi;
    }
  }
  public static void main(String[] args) {
    Main.<String>reverse(args);
    System.out.println(Arrays.toString(args));
  }
}
```

ELTE
IK

Parametrikus polimorfizmus

- Több típusra is működik ugyanaz a kód
  - ◇ Haskell: függvény
  - ◇ Java: típus (osztály), metódus
- Típussal paraméterezhető kód
  - ◇ Haskell: bármilyen típussal
  - ◇ Java: referenciatípusokkal

ELTE
IK

Típusparaméter

Primitív típussal helytelen

```
ArrayList<int> numbers
```

Típusparaméter

Primitív típussal helytelen

```
ArrayList<int> numbers
```

Referenciatípussal helyes

```
ArrayList<Integer> numbers = new ArrayList<>();
numbers.add(Integer.valueOf(7));
Integer seven = numbers.get(0);
```

Típusparaméter

Primitív típussal helytelen

```
ArrayList<int> numbers
```

Referenciatípussal helyes

```
ArrayList<Integer> numbers = new ArrayList<>();
numbers.add(Integer.valueOf(7));
Integer seven = numbers.get(0);
```

Furcsamód ez is helyes

```
ArrayList<Integer> numbers = new ArrayList<>();
numbers.add(42);            // auto-boxing:   int -> Integer
int n42 = numbers.get(1); // auto-unboxing: Integer -> int
```

IK

Adatszerkezetek a java.util csomagban

Sorozat

```
ArrayList<String> colors = new ArrayList<>();
colors.add("red"); colors.add("white"); colors.add("red");
String third = colors.get(2);
```

ELTE
IK

Adatszerkezetek a java.util csomagban

Sorozat

```
ArrayList<String> colors = new ArrayList<>();
colors.add("red"); colors.add("white"); colors.add("red");
String third = colors.get(2);
```

Halmaz

```
HashSet<String> colors = new HashSet<>();
colors.add("red"); colors.add("white"); colors.add("red");
int two = colors.size();
```

ELTE
IK

Adatszerkezetek a java.util csomagban

Sorozat

```
ArrayList<String> colors = new ArrayList<>();
colors.add("red"); colors.add("white"); colors.add("red");
String third = colors.get(2);
```

Halmaz

```
HashSet<String> colors = new HashSet<>();
colors.add("red"); colors.add("white"); colors.add("red");
int two = colors.size();
```

Leképezés

```
HashMap<String,String> colors = new HashMap<>();
colors.put("red","piros"); colors.put("white","fehér");
String whiteHu = colors.get("white");
```

Generikus osztály

```
public class ArrayList<T> {
    public ArrayList() { ... }
    public T get(int index) { ... }
    public void set(int index, T item) { ... }
    public void add(T item) { ... }
    public T remove(int index) { ... }
    ...
}
```

Implementálás

```
public class ArrayList<T> {
  private T[] data;
  private int size = 0;
  ...
  public T get(int index) {
    if (index < size) return data[index];
    else throw new IndexOutOfBoundsException();
  }
  ...
}
```

Implementálás

```
public class ArrayList<T> {
    private T[] data;
    private int size = 0;
    ...
    public void add(T item) {
        if (size == data.length) {
            data = java.util.Arrays.copyOf(data,data.length+1);
        }
        data[size] = item;
        ++size;
    }
    ...
}
```

Allokálás: fordítási hiba

```
public class ArrayList<T> {
    private T[] data;
    private int size = 0;
    ...
    public ArrayList() { this(256); }
    public ArrayList(int initialCapacity) {
        data = new T[initialCapacity];
    }
    ...
}
```

```
ArrayList.java:6: error: generic array creation
        data = new T[initialCapacity];
```

IK

Típustörlés

type erasure

- Típusparaméter: statikus típusellenőrzéshez
- Tárgykód: típusfüggetlen (mint a Haskellben)
- Más, mint a C++ *template*
- Kompatibilitási okok
- Futás közben nem használható a típusparaméter

Így *képzelhetjük el* a tárgykódot

```
public class ArrayList {
    private Object[] data;
    ...
    public ArrayList() { ... }
    public Object get(int index) { ... }
    public void set(int index, Object item) { ... }
    public void add(Object item) { ... }
    public Object remove(int index) { ... }
    ...
}
```

Kompatibilitás: nyers típus

raw type

```
import java.util.ArrayList;
...
ArrayList<String> paraméteres = new ArrayList<>();
paraméteres.add("Romeo");
paraméteres.add(12);          // fordítási hiba
String s = paraméteres.get(0);
```

ELTE
IK

Kompatibilitás: nyers típus

raw type

```
import java.util.ArrayList;
...
ArrayList<String> paraméteres = new ArrayList<>();
paraméteres.add("Romeo");
paraméteres.add(12);        // fordítási hiba
String s = paraméteres.get(0);

ArrayList nyers = new ArrayList();
nyers.add("Romeo");
nyers.add(12);
Object o = nyers.get(0);
```

ELTE
IK

Allokálás: még mindig rosszul

```
public class ArrayList<T> {
    private T[] data;
    private int size = 0;
    ...
    public ArrayList() { this(256); }
    public ArrayList(int initialCapacity) {
        data = new Object[initialCapacity];
    }
    ...
}
```

```
ArrayList.java:6: error: incompatible types:
                  Object[] cannot be converted to T[]
        data = new Object[initialCapacity];
               ^
  where T is a type-variable:
```

Allokálás – így már működik

```
public class ArrayList<T> {
    private T[] data;
    private int size = 0;
    ...
    public ArrayList() { this(256); }
    public ArrayList(int initialCapacity) {
        data = (T[])new Object[initialCapacity];
    }
    ...
}
```

javac ArrayList.java

```
Note: ArrayList.java uses unchecked or unsafe operations.
Note: Recompile with -Xlint:unchecked for details.
```

Allokálás – így már működik, de azért nem az igazi...

```
public class ArrayList<T> {
    private T[] data;
    private int size = 0;
    ...
    public ArrayList() { this(256); }
    public ArrayList(int initialCapacity) {
        data = (T[])new Object[initialCapacity];
    }
    ...
}
```

```
javac -Xlint:unchecked ArrayList.java
```

```
ArrayList.java:6: warning: [unchecked] unchecked cast
  required: T[]          found: Object[]
```

Kényszerítsünk máshol?

```
public class ArrayList<T> {
    private Object[] data;
    private int size = 0;
    ...
    public T get(int index) {
        if (index < size) return (T)data[index];
        else throw new IndexOutOfBoundsException();
    }
    ...
}
```

```
javac -Xlint:unchecked ArrayList.java
```

```
ArrayList.java:10: warning: [unchecked] unchecked cast
  required: T          found: Object
```

Warning-mentesen

```
public class ArrayList<T> {
    private Object[] data;
    private int size = 0;
    ...
    @SuppressWarnings("unchecked")
    public T get(int index) {
        if (index < size) return (T)data[index];
        else throw new IndexOutOfBoundsException();
    }
    ...
}
```

Öröklődés (inheritance)

```
class A extends B { ... }
```

- Egy típust egy másik típusból származtatunk
  - ◇ Csak a különbségeket kell megadni: A Δ B
  - ◇ Újrafelhasználás

ELTE
IK

Öröklődés (inheritance)

```
class A extends B { ... }
```

- Egy típust egy másik típusból származtatunk
  - ◇ Csak a különbségeket kell megadni: A Δ B
  - ◇ Újrafelhasználás
- Itt: az `A` a gyermekosztálya a `B` szülőosztálynak
  - ◇ child class
  - ◇ parent class

ELTE
IK

Öröklődés (inheritance)

```
class A extends B { ... }
```

- Egy típust egy másik típusból származtatunk
  - ◇ Csak a különbségeket kell megadni: A Δ B
  - ◇ Újrafelhasználás
- Itt: az `A` a gyermekosztálya a `B` szülőosztálynak
  - ◇ child class
  - ◇ parent class
- Tranzitivitás: leszármazott osztály – ősosztály
  - ◇ alosztály: subclass, derived class
  - ◇ bázisosztály: super class, base class

Öröklődés (inheritance)

```
class A extends B { ... }
```

- Egy típust egy másik típusból származtatunk
  - ◇ Csak a különbségeket kell megadni: A Δ B
  - ◇ Újrafelhasználás
- Itt: az `A` a gyermekosztálya a `B` szülőosztálynak
  - ◇ child class
  - ◇ parent class
- Tranzitivitás: leszármazott osztály – ősosztály
  - ◇ alosztály: subclass, derived class
  - ◇ bázisosztály: super class, base class
- Körkörösség kizárva!

ELTE
IK

Példa öröklődésre

```
public class Time {
  private int hour, min;     // initialized to 00:00
  public int getHour() { ... }
  public int getMin() { ... }
  public void setHour(int hour) { ... }
  public void setMin(int min) { ... }
  public void aMinPassed() { ... }
}
```

ELTE
IK

Példa öröklődésre

```
public class Time {
  private int hour, min;     // initialized to 00:00
  public int getHour() { ... }
  public int getMin() { ... }
  public void setHour(int hour) { ... }
  public void setMin(int min) { ... }
  public void aMinPassed() { ... }
}
```

```
public class ExactTime extends Time {
  private int sec;           // initialized to 00
  public int getSec() { ... }
  public void setSec(int sec) { ... }
  public boolean earlierThan(ExactTime that) { ... }
}
```

Implicit szülőosztály

```
public class Time extends java.lang.Object {
  private int hour, min;     // initialized to 00:00
  public int getHour() { ... }
  public int getMin() { ... }
  public void setHour(int hour) { ... }
  public void setMin(int min) { ... }
  public void aMinPassed() { ... }
}
```

```
public class ExactTime extends Time {
  private int sec;           // initialized to 00
  public int getSec() { ... }
  public void setSec(int sec) { ... }
  public boolean earlierThan(ExactTime that) { ... }
}
```

java.lang.Object

Minden osztály belőle származik, kivéve önmagát!

```
package java.lang;
public class Object {
  public Object() { ... }

  public String toString() { ... }
  public int hashCode() { ... }
  public boolean equals(Object that) { ... }
  ...
}
```

ELTE
IK

A konstruktorok függetlenek az öröklődéstől

```
public class Time {
  private int hour, min;
  public Time(int hour, int min) {
    if (hour < 0 || hour > 23 || min < 0 || min > 59)
      throw new IllegalArgumentException();
    this.hour = hour;
    this.min = min;
  }
  ...
}
```

ELTE
IK

A konstruktorok függetlenek az öröklődéstől

```
public class Time {
  private int hour, min;
  public Time(int hour, int min) {
    if (hour < 0 || hour > 23 || min < 0 || min > 59)
      throw new IllegalArgumentException();
    this.hour = hour;
    this.min = min;
  }
  ...
}
```

```
public class ExactTime extends Time {
  private int sec;
```

A konstruktorok függetlenek az öröklődéstől

```
public class Time {
  private int hour, min;
  public Time(int hour, int min) {
    if (hour < 0 || hour > 23 || min < 0 || min > 59)
      throw new IllegalArgumentException();
    this.hour = hour;
    this.min = min;
  }
  ...
}
```

```
public class ExactTime extends Time {
  private int sec;
  public ExactTime(int hour, int min, int sec) { ? }
}
```

A gyermekosztályba is kell konstruktort írni!

```
public class Time {
  private int hour, min;
  public Time(int hour, int min) { ... }
  ...
}
```

```
public class ExactTime extends Time {
  private int sec;
  public ExactTime(int hour, int min, int sec) {
```

A gyermekosztályba is kell konstruktort írni!

```
public class Time {
  private int hour, min;
  public Time(int hour, int min) { ... }
  ...
}
```

```
public class ExactTime extends Time {
  private int sec;
  public ExactTime(int hour, int min, int sec) {
    super(hour, min); // meghívandó a szülő konstruktora
    if (sec < 0 || sec > 59)
      throw new IllegalArgumentException();
    this.sec = sec;
  }
}
```

`super(...)`-konstruktorhívás

- Szülőosztály valamelyik konstruktora
- Megörökölt tagok inicializálása
- Legelső utasítás kell legyen

super(...)-konstruktorhívás

- Szülőosztály valamelyik konstruktora
- Megörökölt tagok inicializálása
- Legelső utasítás kell legyen

Hibás!!!

```
public class ExactTime extends Time {
    private int second;
    public ExactTime(int hour, int minute, int second) {
        if (second < 0 || second > 59)
            throw new IllegalArgumentException();
        super(hour,minute);
        this.second = second;
    }
}
```

Miért helyes? Hiányzik a **super**?!

```
public class Time extends Object {
  private int hour, min;
  public Time(int hour, int min) {
    if (hour < 0 || hour > 23 || min < 0 || min > 59)
      throw new IllegalArgumentException();
    this.hour = hour;
    this.min = min;
  }
  ...
}
```

ELTE
IK

Implicit `super()`-hívás

```
public class Time extends Object {
  private int hour, min;
  public Time(int hour, int min) {
    super();
    if (...) throw ...;
    this.hour = hour;
    this.min = min;
  }
  ...
}
```

```
package java.lang;
public class Object {
  public Object() { ... }
  ...
```

Implicit szülőosztály, implicit konstruktor, implicit `super`

```
class A {}
```

Implicit szülőosztály, implicit konstruktor, implicit super

```
class A {}
```

```
class A extends java.lang.Object {
  A() {
    super();
  }
}
```

ELTE
IK

Konstruktorok egy osztályban

- Egy vagy több explicit konstruktor
- Alapértelmezett konstruktor

Konstruktor törzse

Első utasítás

- Explicit `this`-hívás
- Explicit `super`-hívás
- Implicit (generálódó) `super()`-hívás (no-arg!)

Többi utasítás

Nem lehet `this`- vagy `super`-hívás!

Érdekes hiba

Ártatlannak tűnik

```
class Base {
  Base(int n) {}
}

class Sub extends Base {}
```

Jelentése

```
class Base extends Object {
  Base(int n) {
    super();
  }
}

class Sub extends Base {
  Sub() { super(); }
}
```

ELTE
IK

Öröklődéssel definiált osztály

- A szülőosztály tagjai átöröklődnek
- Újabb tagokkal bővíthető (Java: `extends`)
- Megörökölt példánymetódusok újradefiniálhatók
  - ◇ ... és újradeklarálhatók

Példánymetódus felüldefiniálása

újradefiniálás, felüldefiniálás

```
package java.lang;
public class Object {
   ...
   public String toString() {...} //java.lang.Object@4f324b5c
}
```

Példánymetódus felüldefiniálása

újradefiniálás, felüldefiniálás

```
package java.lang;
public class Object {
  ...
  public String toString() {...} //java.lang.Object@4f324b5c
}
```

```
public class Time {
  ...
  public String toString() {
    return hour + ":" + min; // 8:5
  }
}
```

Példánymetódus felüldefiniálása

újradefiniálás, felüldefiniálás

```
package java.lang;
public class Object {
   ...
   public String toString() {...} //java.lang.Object@4f324b5c
}
```

Példánymetódus felüldefiniálása

újradefiniálás, felüldefiniálás

```
package java.lang;
public class Object {
  ...
  public String toString() {...} //java.lang.Object@4f324b5c
}
```

```
public class Time {
  ...
  public String toString() {          // 8:05
    return "%1$d:%2$02d".formatted(hour, min);
  }
}
```

Az ajánlott `@Override` annotációval

újradefiniálás, redefinition, overriding

```
package java.lang;
public class Object {
  ...
  public String toString() {...} //java.lang.Object@4f324b5c
}
```

Az ajánlott @Override annotációval

újradefiniálás, redefinition, overriding

```
package java.lang;
public class Object {
  ...
  public String toString() {...} //java.lang.Object@4f324b5c
}
```

```
public class Time {
  ...
  @Override
  public String toString() {          // 8:05
    return "%1$d:%2$02d".formatted(hour, min);
  }
}
```

super.toString() hívása

```
package java.lang;                          // java.lang.Object@4f324b5c
public class Object {... public String toString() {...} ... }
```

super.toString() hívása

```
package java.lang;                    // java.lang.Object@4f324b5c
public class Object {... public String toString() {...} ... }

public class Time {
  ...
  @Override public String toString() {     // 8:05
    return "%1$d:%2$02d".formatted(hour, min);
  }
}
```

super.toString() hívása

```
package java.lang;                    // java.lang.Object@4f324b5c
public class Object {... public String toString() {...} ... }

public class Time {
  ...
  @Override public String toString() {     // 8:05
    return "%1$d:%2$02d".formatted(hour, min);
  }
}
public class ExactTime extends Time {
  ...
  @Override public String toString() {     // 8:05:17
    return "%1:%2$02d".formatted(super.toString(), sec);
  }
}
```

Túlterhelés és felüldefiniálás

```
package java.lang;
public final class Integer extends Number {
   ...
   public static    int parseInt(String str)           { ... }
   ...
   public @Override String toString()                  { ... }
   public static    String toString(int i)             { ... }
   public static    String toString(int i, int radix)  { ... }
   ...
}
```

ELTE
IK

Különbségtétel

Túlterhelés

- Ugyanazzal a névvel, különböző paraméterezéssel
- Megörökölt és bevezetett műveletek között
- Fordító választ az aktuális paraméterlista szerint

Felüldefiniálás

- Bázisosztályban adott műveletre
- Ugyanazzal a névvel és paraméterezéssel
  - ◇ Ugyanaz a metódus
  - ◇ Egy példánymetódusnak lehet több implementációja
- Futás közben választódik ki a „legspeciálisabb'' implementáció

ELTE IK

Statikus és dinamikus kiválasztódás

System.out

```
public void println(   int value) { ... }
public void println(Object value) { ... } //value.toString()
...
```

```
System.out.println(7);                    // 7
System.out.println("Samurai");            // Samurai
System.out.println(new Time(21,30));      // 21:30
```

ELTE
IK

Öröklődésre tervezés

- Könnyű legyen származtatni belőle
- Ne lehessen elrontani a típusinvariánst

protected láthatóság

```
package java.util;
public abstract class AbstractList<E> implements List<E> {
   ...
   protected int modCount;
   protected AbstractList() { ... }
   protected void removeRange(int fromIndex, int toIndex) { ...
   ...
}
```

- Ugyanabban a csomagban
- Más csomagban csak a leszármazottak

`private` ⊆ félnyilvános (package-private) ⊆ `protected` ⊆ `public`

A private tagok nem hivatkozhatók a leszármazottban!

```
class Counter {
  private int counter = 0;
  public int count() { return ++counter; }
}

class SophisticatedCounter extends Counter {
  public int count(int increment) {
    return counter += increment;   // fordítási hiba
  }
}
```

ELTE
IK

„Javítva”

```
class Counter {
  private int counter = 0;
  public int count() { return ++counter; }
}

class SophisticatedCounter extends Counter {
  public int count(int increment) {
    if (increment < 1) throw new IllegalArgumentException();
    while (increment > 1) {
      count();
      --increment;
    }
    return count();
  }
}
```

protected

```
package my.basic.types;
public class Counter {
  protected int counter = 0;
  public int count() { return ++counter; }
}
```

```
package my.advanced.types;
class SophisticatedCounter extends my.basic.types.Counter {
  public int count(int increment) {
    return counter += increment;
  }
}
```

ELTE
IK

Absztrakció: egységbe zárás és információ elrejtése

```
public class Rational {
  private final int numerator, denominator;
  private static int gcd(int a, int b) { ... }
  private void simplify() { ... }
  public Rational(int numerator, int denominator) { ... }
  public Rational(int value) { super(value, 1); }
  public int getNumerator() { return numerator; }
  public int getDenominator() { return denominator; }
  public Rational times(Rational that) { ... }
  public Rational times(int that) { ... }
  public Rational plus(Rational that) { ... }
}
```

ELTE
IK

Absztrakció: egységbe zárás és információ elrejtése

```
public class Rational {
  private final int numerator, denominator;
  private static int gcd(int a, int b) { ... }
  private void simplify() { ... }
  public Rational(int numerator, int denominator) { ... }
  public Rational(int value) { super(value, 1); }
  public int getNumerator() { return numerator; }
  public int getDenominator() { return denominator; }
  public Rational times(Rational that) { ... }
  public Rational times(int that) { ... }
  public Rational plus(Rational that) { ... }
}
```

- Osztály interfésze: minden `public` tartalom benne
  - A konstruktorai és a metódusai jellemzően beletartoznak
    - Csak a fejléc számít: `Rational times(Rational)`
  - Az adattagjai jellemzően nem tartoznak bele

Az interface-definíció

```
public interface Rational {
  int getNumerator();
  int getDenominator();

  Rational times(Rational that);
  Rational times(int that);
  Rational plus(Rational that);
  ...
}
```

- interfész minden metódusa automatikusan `abstract` és `public`

ELTE
IK

Az `interface`-definíció tartalma

Példánymetódusok deklarációja: specifikáció és lezáró `;`

```
int getNumerator();
```

Az `interface`-definíció tartalma

Példánymetódusok deklarációja: specifikáció és lezáró ;

```
int getNumerator();
```

- Példánymetódusok deklarációja
  - ◇ Esetleg `default` implementáció
- Konstansok definíciója: `public static final`
- Statikus metódus
- Beágyazott (tag-) típus

Generikus interface

java/util/List.java

```
package java.util;
public interface List<T> {
    T get(int index);
    void set(int index, T item);
    void add(T item);
    ...
}
```

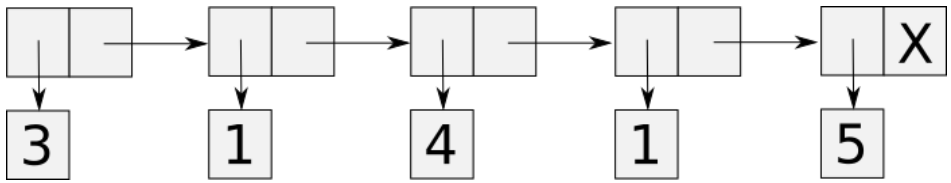
java/util/ArrayList.java

```
package java.util;
public class ArrayList<T> implements List<T> {
    public ArrayList() { ... }
    @Override public T get(int index) { ... }
    ...
}
```

Láncolt ábrázolás

```
package java.util;

public class LinkedList<T> implements List<T> {
    private T head;
    private LinkedList<T> tail;
    public LinkedList() { ... }
    @Override public T get(int index) { ... }
    @Override public void set(int index, T item) { ... }
    @Override public void add(T item) { ... }
    ...
}
```



ELTE IK

interface megvalósítása

```
public interface Rational {
    int getNumerator();
    int getDenominator();
    Rational times(Rational that);
}
```

```
public class Fraction implements Rational {
  private final int numerator, denominator;
  public Fraction(int numerator, int denominator) { ... }
  public int getNumerator() { return numerator; }
  public int getDenominator() { return denominator; }
  public Rational times(Rational that) { ... }
}
```

IK

Több megvalósítás

Fraction.java

```
public class Fraction implements Rational {
  private final int numerator, denominator;
  public Fraction(int numerator, int denominator) { ... }
  public int getNumerator() { return numerator; }
  public int getDenominator() { return denominator; }
  public Rational times(Rational that) { ... }
}
```

Simplified.java

```
public class Simplified implements Rational {
  ...
  public int getNumerator() { ... }
  public int getDenominator() { ... }
  Rational times(Rational that) { ... }
}
```

Altípusosság

```
class Fraction implements Rational { ... }
class ArrayList<T> implements List<T> { ... }
class LinkedList<T> implements List<T> { ... }
```

- `Fraction` <: `Rational`
- `Simplified` <: `Rational`
- Minden `T`-re: `ArrayList<T>` <: `List<T>`
- Minden `T`-re: `LinkedList<T>` <: `List<T>`

Liskov-féle helyettesítési elv

LSP: Liskov's Substitution Principle

Egy A típus altípusa a B (bázis-)típusnak, ha az A egyedeit használhatjuk a B egyedei helyett anélkül, hogy ebből baj lenne.

ELTE
IK

Az interface egy típus

```
List<String> names;

static List<String> noDups(List<String> names) {
  List<String> retval = ...;
  ...
}
```

Nem példányosítható

Nem készíthető példány `interface` típusból

- Nincsen ábrázolása
- Nincsen konstruktora

```
List<String> names = new List<String>(); // fordítási hiba
```

Nem példányosítható

Nem készíthető példány `interface` típusból

- Nincsen ábrázolása
- Nincsen konstruktora

```
List<String> names = new List<String>(); // fordítási hiba
```

Az osztály is egy típus, és példányosítható

```
ArrayList<String> names = new ArrayList<String>();
ArrayList<String> nicks = new ArrayList<>();
```

Nem példányosítható

Nem készíthető példány `interface` típusból

- Nincsen ábrázolása
- Nincsen konstruktora

```
List<String> names = new List<String>(); // fordítási hiba
```

Az osztály is egy típus, és példányosítható

```
ArrayList<String> names = new ArrayList<String>();
ArrayList<String> nicks = new ArrayList<>();
```

Jó stílus: típusozás `interface`-szel, példányosítás osztállyal

```
List<String> names = new ArrayList<>();
```

ELTE
IK

Statikus és dinamikus típus

Változó (vagy paraméter) „deklarált'', illetve „tényleges'' típusa

```
List<String> names = new ArrayList<>();


static List<String> noDups(List<String> names) {
    ... names ...
}


List<String> shortList = noDups(names);
```

ELTE
IK

abstract class

- Részlegesen implementált osztály
  - ◇ Tartalmazhat abstract metódust
- Nem példányosítható
- Származtatással konkretizálhatjuk

```
package java.util;
public abstract class AbstractList<E> implements List<E> {
  ...
  public abstract E get(int index);      // csak deklarálva
  public Iterator<E> iterator() { ... } // implementálva
  ...
}
```

ELTE
IK

Részleges megvalósítás

```
public abstract class AbstractCollection<E> ... {
  ...
  public abstract int size();
  public boolean isEmpty() {
    return size() == 0;
  }
  public abstract Iterator<E> iterator();
  public boolean contains(Object o) {
    Iterator<E> iterator = iterator();
    while (iterator.hasNext()) {
      E e = iterator.next();
      if (o==null ? e==null : o.equals(e)) return true;
    }
    return false;
  }
}
```

ELTE
IK

Konkretizálás

```
public abstract class AbstractCollection<E> implements Collection<E>
    ...
    public abstract int size();
}
```

```
public abstract class AbstractList<E> extends AbstractCollection<E>
                                      implements List<E>
    ...
    public abstract E get(int index);
}
```

```
public class ArrayList<E> extends AbstractList<E> {
    ...
    public int size() { ... }              // implementálva
    public E get(int index) { ... }      // implementálva
}
```

Többszörös öröklődés

(Multiple inheritance)

- Egy típust több más típusból származtatunk
- Javában: több interface-ből
- Problémákat vet fel

Példák

OK

```
package java.util;
public class Scanner implements Closeable, Iterator<String>
{ ... }
```

OK

```
interface PoliceCar extends Car, Emergency { ... }
```

Hibás

```
class PoliceCar extends Car, Emergency { ... }
```

ELTE
IK

Hipotetikusan

```
class Base1 {
    int x;
    void setX(int x) { this.x = x; }
    ...
}

class Base2 {
    int x;
    void setX(int x) { this.x = x; }
    ...
}

class Sub extends Base1, Base2 { ... }
```

ELTE
IK

Hipotetikusan: diamond-shaped inheritance

```
class Base0 {
    int x;
    void setX(int x) { this.x = x; }
    ...
}

class Base1 extends Base0 { ... }

class Base2 extends Base0 { ... }

class Sub extends Base1, Base2 { ... }
```

ELTE
IK

Különbség class és interface között

- Osztályt lehet példányosítani
  - ◇ `abstract class`?
- Osztályból csak egyszeresen örökölhetünk
  - ◇ `final class`?
- Osztályban lehetnek példánymezők
  - ◇ interface-ben: `public static final`

Többszörös öröklés interfészekből

```
interface Base1 {
    abstract void setX(int x);
    ...
}

interface Base2 {
    abstract void setX(int x);
    ...
}

class Sub implements Base1, Base2 {
    void setX(int x) { ... }
    ...
}
```

ELTE
IK

Az öröklődés két aspektusa

- Kódöröklés
- Altípusképzés

Öröklődés: altípusképzés

$$A \ \Delta \ B \ \Rightarrow \ A <: B$$

Öröklődés: altípusképzés

$$A \ \Delta \ B \ \Rightarrow \ A <: B$$

```
public class ExactTime extends Time { ... }
```

- Az `ExactTime` mindent tud, amit a `Time`
- Amit lehet `Time`-mal, lehet `ExactTime`-mal is
- `ExactTime` $<:$ `Time`

ELTE
IK

Öröklődés: altípusképzés

$$A\ \Delta\ B\ \Rightarrow\ A <: B$$

```
public class ExactTime extends Time { ... }
```

- Az `ExactTime` mindent tud, amit a `Time`
- Amit lehet `Time`-mal, lehet `ExactTime`-mal is
- `ExactTime` $<:$ `Time`
- $\forall T$ osztályra : $T <:$ `java.lang.Object`

ELTE
IK

Altípus

```
public class Time {
    ...
    public void aMinutePassed() { ... }
    public boolean sameHourAs(Time that) { ... }
}
```

```
public class ExactTime extends Time {
    ...
    public boolean isEarlierThan(ExactTime that) { ... }
}
```

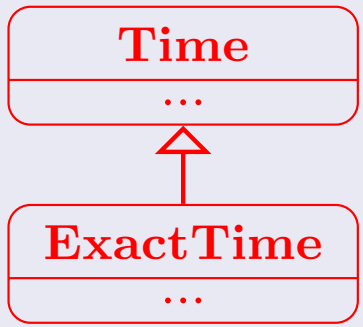
```
ExactTime time = new ExactTime();          // 0:00:00
time.aMinutePassed();                      // 0:01:00
time.sameHourAs(new ExactTime())           // true
```

Polimorf referenciák

```
public class Time {
  ...
  public void aMinutePassed() { ... }
  public boolean sameHourAs(Time that) { ... }
}
```

```
public class ExactTime extends Time {
  ...
  public boolean isEarlierThan(ExactTime that) { ... }
}
```

```
ExactTime time1 = new ExactTime();
Time      time2 = new ExactTime(); // upcast
time2.sameHourAs(time1)
```



Statikus és dinamikus típus

Statikus típus: változó vagy paraméter *deklarált* típusa

- A programszövegből következik
- Állandó
- A fordítóprogram ez alapján típusellenőriz

```
Time time
```

ELTE
IK

Statikus és dinamikus típus

Statikus típus: változó vagy paraméter *deklarált* típusa

- A programszövegből következik
- Állandó
- A fordítóprogram ez alapján típusellenőriz

```
Time time
```

Dinamikus típus: változó vagy paraméter *tényleges* típusa

- Futási időben derül ki
- Változékony
- A statikus típus altípusa

```
time = ... ? new ExactTime() : new Time()
```

ELTE IK

Felüldefiniálás

```
package java.lang;                          // java.lang.Object@4f324b5c
public class Object {... public String toString() {...} ... }
```

Felüldefiniálás

```
package java.lang;                    // java.lang.Object@4f324b5c
public class Object {... public String toString() {...} ... }

public class Time {
  ...
  @Override public String toString() {     // 8:05
    return "%1$d:%2$02d".formatted(hour, min);
  }
}
```

Felüldefiniálás

```
package java.lang;                    // java.lang.Object@4f324b5c
public class Object {... public String toString() {...} ... }

public class Time {
  ...
  @Override public String toString() {    // 8:05
    return "%1$d:%2$02d".formatted(hour, min);
  }
}
public class ExactTime extends Time {
  ...
  @Override public String toString() {    // 8:05:17
    return "%1:%2$02d".formatted(super.toString(), sec);
  }
}
```

Túlterhelés versus felüldefiniálás

Túlterhelés

- Ugyanazzal a névvel, különböző paraméterezéssel
- Megörökölt és bevezetett műveletek között
- Fordító választ az aktuális paraméterlista szerint

Felüldefiniálás

- Bázisosztályban adott műveletre
- Ugyanazzal a névvel és paraméterezéssel
  - ◇ Ugyanaz a metódus
  - ◇ Egy példánymetódusnak lehet több implementációja
- **Futás közben választódik ki a „legspeciálisabb'' implementáció**

ELTE IK

Dinamikus kötés (dynamic/late binding)

```
ExactTime e = new ExactTime();
Time      t = e;
Object    o = t;

System.out.println(e.toString());      // 0:00:00
System.out.println(t.toString());      // 0:00:00
System.out.println(o.toString());      // 0:00:00
```

Példánymetódus hívásánál a használt kitüntetett paraméter dinamikus típusához legjobban illeszkedő implementáció hajtódik végre.

ELTE
IK

A statikus és a dinamikus típus szerepe

Statikus típus

Mit szabad csinálni a változóval?

- Statikus típusellenőrzés

```
Object o = new Time();
o.setHour(8);                    // fordítási hiba
```

Dinamikus típus

Melyik implementációját egy felüldefiniált műveletnek?

```
Object o = new Time();
System.out.println(o);   // toString() implementáció
                         // kiválasztása
```

- Dinamikus típusellenőrzés

Példa öröklődésre

```
package company.hr;
public class Employee {
  String name;
  int basicSalary;
  java.time.ZonedDateTime startDate;
  ...
}
```

ELTE
IK

Példa öröklődésre

```
package company.hr;
public class Employee {
  String name;
  int basicSalary;
  java.time.ZonedDateTime startDate;
  ...
}
```

```
package company.hr;
import java.util.*;
public class Manager extends Employee {
  final HashSet<Employee> workers = new HashSet<>();
  ...
}
```

Szülőosztály

```
package company.hr;
import java.time.ZonedDateTime;
import static java.time.temporal.ChronoUnit.YEARS;
public class Employee {
  ...
  private ZonedDateTime startDate;
  public int yearsInService() {
    return (int) startDate.until(ZonedDateTime.now(), YEARS);
  }
  private static int bonusPerYearInService = 0;
  public int bonus() {
    return yearsInService() * bonusPerYearInService;
  }
}
```

ELTE
IK

Gyermekosztály

```
package company.hr;
import java.util.*;
public class Manager extends Employee {
  // inherited: startDate, yearsInService() ...
  ...
  private final Set<Employee> workers = new HashSet<>();
  public void addWorker(Employee worker) {
    workers.add(worker);
  }
  private static int bonusPerWorker = 0;
  @Override public int bonus() {
    return workers.size() * bonusPerWorker + super.bonus();
  }
}
```

ELTE
IK

Dinamikus kötés megörökölt metódusban is!

```
public class Employee {
  ...
  private int basicSalary;
  public int bonus() {
    return yearsInService() * bonusPerYearInService;
  }
  public int salary() { return basicSalary + bonus(); }
}
```

```
public class Manager extends Employee {
  ...
  @Override public int bonus() {
    return workers.size()*bonusPerWorker + super.bonus();
  }
}
```

Dinamikus kötés megörökölt metódusban is!

```
Employee jack = new Employee("Jack", 10000);
Employee pete = new Employee("Pete", 12000);
Manager eve = new Manager("Eve", 12000);
Manager joe = new Manager("Joe", 12000);
eve.addWorker(jack);
joe.addWorker(eve);        // polimorf formális paraméter
joe.addWorker(pete);

Employee[] company = {joe, eve, jack, pete}; // <-- heterogén
                                             // adatszerkezet
int totalSalaryCosts = 0;
for (Employee e: company) {
  totalSalaryCosts += e.salary();
}
```

ELTE
IK

Dinamikus kötés

Példánymetódus hívásánál a használt kitüntetett paraméter dinamikus típusához legjobban illeszkedő implementáció hajtódik végre.

Mező és osztályszintű metódus nem definiálható felül

```
class Base {
  int field = 3;
  int iMethod() { return field; }
  static int sMethod() { return 3; }
}

class Sub extends Base {
  int field = 33;                          // elfedés
  static int sMethod() { return 33; } // elfedés
}

Sub sub = new Sub();          Base base = sub;
sub.sMethod()  ==  33         base.sMethod()  ==  3
sub.field      ==  33         base.field      ==  3
sub.iMethod()  ==  3          base.iMethod()  ==  3
```

Típuskonverziók primitív típusok között

Automatikus típuskonverzió (tranzitív)

- `byte` → `short` → `int` → `long`
- `long` → `float`
- `float` → `double`
- `char` → `int`
- `byte b = 42;` és `short s = 42;` és `char c = 42;`

Explicit típuskényszerítés (type cast)

```
int i = 42;
short s = (short)i;
```

Csomagoló osztályok

Implicit importált (`java.lang`), immutable osztályok

- `java.lang.Boolean` – `boolean`
- `java.lang.Character` – `char`
- `java.lang.Byte` – `byte`
- `java.lang.Short` – `short`
- `java.lang.Integer` – `int`
- `java.lang.Long` – `long`
- `java.lang.Float` – `float`
- `java.lang.Double` – `double`

ELTE
IK

java.lang.Integer interfésze (részlet)

```
static int MAX_VALUE     // 2^31-1
static int MIN_VALUE     // -2^31

static int compare(int x, int y)     // 3-way comparison
static int max(int x, int y)
static int min(int x, int y)
static int parseInt(String str [, int radix])
static String toString(int i [, int radix])
static Integer valueOf(int i)

int compareTo(Integer that)          // 3-way comparison
int intValue()
```

ELTE
IK

Auto-(un)boxing

- Automatikus kétirányú konverzió
- Primitív típus és a csomagoló osztálya között

```
Integer ref = 42;
int pri = ref;

Integer sum = ref + pri;
```

```
Integer ref = Integer.valueOf(42);
int     pri = ref.intValue();
Integer sum = Integer.valueOf(
                  ref.intValue()
                  + pri          );
```

ELTE
IK

Auto-(un)boxing

- Automatikus kétirányú konverzió
- Primitív típus és a csomagoló osztálya között

```
Integer ref = 42;
int pri = ref;

Integer sum = ref + pri;
```

```
Integer ref = Integer.valueOf(42);
int     pri = ref.intValue();
Integer sum = Integer.valueOf(
                  ref.intValue()
                  + pri          );
```

```
ArrayList<Integer> numbers = new ArrayList<>();
numbers.add(7);
int seven = numbers.get(0);
```

ELTE
IK

Puzzle 3: Long Division (Bloch & Gafter: Java Puzzlers)

```
public class LongDivision {
  public static void main(String[] args) {
    final long MICROS_PER_DAY = 24 * 60 * 60 * 1000 * 1000;
    final long MILLIS_PER_DAY = 24 * 60 * 60 * 1000;
    System.out.println(MICROS_PER_DAY / MILLIS_PER_DAY);
  }
}
```

ELTE
IK

`null` kicsomagolása

A becsomagolás mindig működik

```
int val = 42;
Integer value = val;
```

`null` kicsomagolása

A becsomagolás mindig működik

```
int val = 42;
Integer value = val;
```

A kicsomagolás *majdnem* mindig jól működik

```
Integer value = 42;
int val = value;
```

`null` kicsomagolása

A becsomagolás mindig működik

```
int val = 42;
Integer value = val;
```

A kicsomagolás *majdnem* mindig jól működik

```
Integer value = 42;
int val = value;
```

... kivéve, amikor nem

```
Integer value = null;
int val = value;        // NullPointerException
```

ELTE
IK

Költséges auto-(un)boxing

```java
int n = 10;
int fact = 1;
while (n > 1) {
    fact *= n;
    --n;
}
```

```java
Integer n = 10;
Integer fact = 1;
while (n > 1) {
    fact *= n;
    --n;
}
```

Költséges auto-(un)boxing

```
int n = 10;
int fact = 1;
while (n > 1) {
    fact *= n;
    --n;
}
```

```
Integer n = 10;
Integer fact = 1;
while (n > 1) {
    fact *= n;
    --n;
}
```

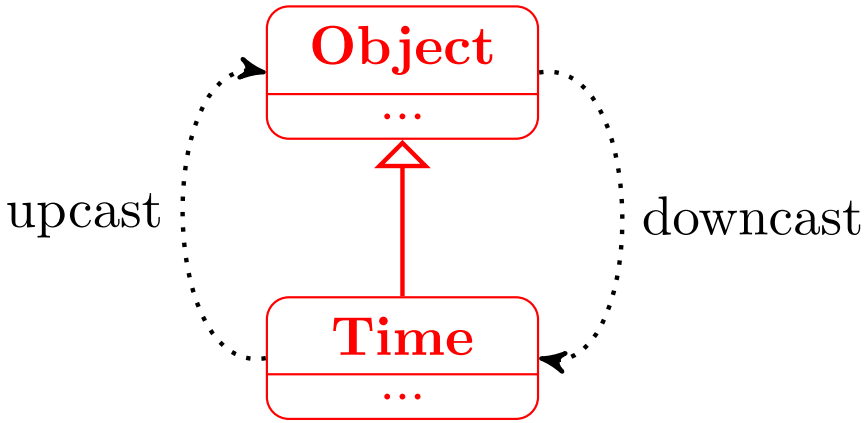
Jelentése:

```
Integer n = Integer.valueOf(10);
Integer fact = Integer.valueOf(1);
while (n.intValue() > 1) {
    fact = Integer.valueOf(fact.intValue() * n.intValue());
    n = Integer.valueOf(n.intValue() - 1);
}
```

ELTE
IK

Konverziók referenciatípusokon

- Automatikus (upcast) – altípusosság
- Explicit (downcast) – type-cast operátor



Típuskényszerítés (downcast)

- A “`(Time)`o” kifejezés statikus típusa `Time`

Típuskényszerítés (downcast)

- A “(Time)o” kifejezés statikus típusa Time
- Ha o dinamikus típusa Time:

```
Object o = new Time(3,20);
o.aMinPassed();              // fordítási hiba
((Time)o).aMinPassed();      // lefordul, működik
```

Típuskényszerítés (downcast)

- A “(Time)o” kifejezés statikus típusa Time
- Ha o dinamikus típusa Time:

```
Object o = new Time(3,20);
o.aMinPassed();              // fordítási hiba
((Time)o).aMinPassed();      // lefordul, működik
```

- Ha nem, ClassCastException lép fel

```
Object o = "Három óra húsz";
o.aMinPassed();              // fordítási hiba
((Time)o).aMinPassed();      // futási hiba
```

ELTE
IK

Dinamikus típusellenőrzés

- Futás közben, dinamikus típus alapján
- Pontosabb, mint a statikus típus
  - ◇ Altípus lehet
- Rugalmasság
- Biztonság: csak ha explicit kérjük (type cast)

instanceof-operátor

```
Object o = new ExactTime(3,20,0);
...
if (o instanceof Time t) {
    t.aMinPassed();
}
```

- Kifejezés dinamikus típusa altípusa-e a megadottnak

instanceof-operátor

```
Object o = new ExactTime(3,20,0);
...
if (o instanceof Time t) {
    t.aMinPassed();
}
```

- Kifejezés dinamikus típusa altípusa-e a megadottnak
- Statikus típusa ne zárja ki a megadottat

```
"apple" instanceof Integer    // compilation error
```

ELTE
IK

instanceof-operátor

```
Object o = new ExactTime(3,20,0);
...
if (o instanceof Time t) {
    t.aMinPassed();
}
```

- Kifejezés dinamikus típusa altípusa-e a megadottnak
- Statikus típusa ne zárja ki a megadottat

```
"apple" instanceof Integer    // compilation error
```

- `null`-ra `false`

ELTE
IK

Dinamikus típus ábrázolása futás közben

- `java.lang.Class` osztály objektumai
- Futás közben lekérhető

```
Object o  = new Time(17,25);
Class  c  = o.getClass();      // Time.class
Class  cc = c.getClass();      // Class.class
```

Öröklődés – altípusosság

- `class A extends B` …
- $A <: B$
- $\forall T: \quad T <:$ `java.lang.Object`

Automatikus „konverzió” bázistípusra (upcast)

```
String str = "Java";
Object o = str;  // OK
str = o;         // fordítási hiba
```

Kényszerítés altípusra (downcast)

```
String str = "Java";
Object o = str;  // OK
str = (String)o; // OK, dinamikus típusellenőrzés
```

ELTE
IK

ClassCastException

```
String str = "Java";
Object o = str;
Integer i = (Integer)o;
```

ELTE
IK

Típusba tartozás (altípusosság)

```
String str = "Java";
Object o = str;
Integer i = (o instanceof Integer) ? (Integer)o : null;
```

Dinamikus típusra típusegyezés

```
String str = "Java";
Object o = str;
Integer i = o.getClass().equals(Integer.class) ?
                (Integer)o : null;
```