Περισσότερη Java

Franz Marc, *Fate of the animals*, 1913

Κωστής Σαγώνας <kostis@cs.ntua.gr>
Νίκος Παπασπύρου <nickie@softlab.ntua.gr>

Πολυμορφισμός υποτύπων

```
Person p;
```

- Είναι το παραπάνω μια δήλωση ότι το **`p`** είναι μια αναφορά σε ένα αντικείμενο της κλάσης **`Person`**;
- Όχι ακριβώς – ο *τύπος* **`Person`** μπορεί να περιλαμβάνει αναφορές σε αντικείμενα άλλων κλάσεων
- Αυτό διότι η Java υποστηρίζει πολυμορφισμό υποτύπων (subtype polymorphism)

Περιεχόμενα

- Υλοποίηση διαπροσωπείας των κλάσεων
- Επέκταση των κλάσεων
- Επέκταση και υλοποίηση
- Πολλαπλή κληρονομικότητα
- Παραμετρικότητα μέσω γενικών μεθόδων (generics)

Διαπροσωπείες (interfaces)

- Ένα πρωτότυπο μεθόδου (method prototype) απλώς δίνει το όνομα της μεθόδου και τον τύπο της – όχι το σώμα της
- Οι διαπροσωπείες είναι συλλογές από πρωτότυπα μεθόδων

```
public interface Drawable {
  void show(int xPos, int yPos);
  void hide();
}
```

- Μια κλάση μπορεί να δηλώσει ότι υλοποιεί μια συγκεκριμένη διαπροσωπεία
- Μετά πρέπει να παρέχει ορισμούς **`public`** μεθόδων οι οποίοι ταιριάζουν με εκείνους της διαπροσωπείας

Παραδείγματα

```
public class Icon implements Drawable {
  public void show(int x, int y) {
     ... σώμα της μεθόδου ...
  }
  public void hide() {
     ... σώμα της μεθόδου ...
  }
  ... περισσότερες μέθοδοι και πεδία ...
}
```

```
public class Square implements Drawable, Scalable {
  ... πρέπει να υλοποιεί όλες τις μεθόδους όλων των διαπροσωπειών ...
}
```

Γιατί χρησιμοποιούμε διαπροσωπείες;

- Μια διαπροσωπεία μπορεί να υλοποιείται από πολλές διαφορετικές κλάσεις:

```
public class Window implements Drawable …
public class Icon implements Drawable …
public class Oval implements Drawable …
```

- Το όνομα της διαπροσωπείας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένας τύπος αναφοράς:

```
Drawable d;
d = new Icon("i1.gif");
d.show(0,0);
d = new Oval(20,30);
d.show(0,0);
```

Πολυμορφισμός με διαπροσωπείες

```
static void flashoff(Drawable d, int k) {
  for (int i = 0; i < k; i++) {
    d.show(0,0);
    d.hide();
  }
}
```

- Η παραπάνω μέθοδος είναι πολυμορφική: η κλάση του αντικειμένου που αναφέρεται από την παράμετρο **`d`** δεν είναι γνωστή κατά το χρόνο μετάφρασης
- Το μόνο που είναι γνωστό είναι ότι είναι μια κλάση που υλοποιεί τη διαπροσωπεία **`Drawable`** (**`implements Drawable`**) και κατά συνέπεια είναι μια κλάση που έχει μεθόδους **`show`** και **`hide`** οι οποίες μπορούν να κληθούν

Ένα πιο ολοκληρωμένο παράδειγμα

- Η επόμενη διαφάνεια δείχνει τη διαπροσωπεία μιας κλάσης **`Worklist`** που είναι μια συλλογή από αντικείμενα **`String`**
- Η κλάση περιέχει μεθόδους με τις οποίες μπορούμε
  - να προσθέσουμε ένα αντικείμενο στη συλλογή,
  - να αφαιρέσουμε ένα αντικείμενο από τη συλλογή, και
  - να ελέγξουμε κατά πόσο μια συλλογή είναι κενή ή όχι

```
public interface Worklist {
  /**
   * Add one String to the worklist.
   * @param item the String to add
   */
  void add(String item);

  /**
   * Test whether there are more elements in the
   * worklist:  that is, test whether more elements
   * have been added than have been removed.
   * @return true iff there are more elements
   */
  boolean hasMore();

  /**
   * Remove one String from the worklist and return it.
   * There must be at least one element in the worklist.
   * @return the String item removed
   */
  String remove();
}
```

Σχόλια στις διαπροσωπείες

- Η ύπαρξη σχολίων είναι σημαντική για μια διαπροσωπεία, διότι δεν υπάρχει κώδικας ώστε ο αναγνώστης/χρήστης να καταλάβει τι (σκοπεύει να) κάνει η κάθε μέθοδος
- Η διαπροσωπεία της **`Worklist`** δεν προσδιορίζει κάποια συγκεκριμένη δομή ή ταξινόμηση: μπορεί να υλοποιείται από μια στοίβα, μια ουρά, μια ουρά προτεραιοτήτων, ή από κάποια άλλη δομή
- Θα την υλοποιήσουμε ως στοίβα, μέσω συνδεδεμένης λίστας

```
/**
 * A Node is an object that holds a String and a link
 * to the next Node.  It can be used to build linked
 * lists of Strings.
 */
public class Node {
  private String data; // Each node has a String...
  private Node link;   // and a link to the next Node

  /**
   * Node constructor.
   * @param theData the String to store in this Node
   * @param theLink a link to the next Node
   */
  public Node(String theData, Node theLink) {
    data = theData;
    link = theLink;
  }
```

```
  /**
   * Accessor for the String data stored in this Node.
   * @return our String item
   */
  public String getData() {
    return data;
  }

  /**
   * Accessor for the link to the next Node.
   * @return the next Node
   */
  public Node getLink() {
    return link;
  }
}
```

```
/**
 * A Stack is an object that holds a collection of
 * Strings.
 */
public class Stack implements Worklist {
  private Node top = null; // top Node in the stack

  /**
   * Push a String on top of this stack.
   * @param data the String to add
   */
  public void add(String data) {
    top = new Node(data,top);
  }
```

```
  /**
   * Test whether this stack has more elements.
   * @return true if this stack is not empty
   */
  public boolean hasMore() {
    return (top != null);
  }

  /**
   * Pop the top String from this stack and return it.
   * This should be called only if the stack is
   * not empty.
   * @return the popped String
   */
  public String remove() {
    Node n = top;
    top = n.getLink();
    return n.getData();
  }
}
```

Ένα παράδειγμα χρήσης

```
Worklist w;
w = new Stack();
w.add("ο Παρασκευάς.");
w.add("βας, ");
w.add("Βας, βας,");
System.out.print(w.remove());
System.out.print(w.remove());
System.out.println(w.remove());
```

- Έξοδος: **`Βας, βας, βας, ο Παρασκευάς.`**
- Άλλες υλοποιήσεις της κλάσης **`Worklist`** είναι πιθανές: με χρήση **`Queue`**, **`PriorityQueue`**, κ.α.

Επέκταση των κλάσεων

Περισσότερος πολυμορφισμός

- Θα δούμε μια άλλη, πιο πολύπλοκη, πηγή πολυμορφισμού
- Μια κλάση μπορεί να παράγεται από μια άλλη, με χρήση της λέξης κλειδί **`extends`**

  Ως παράδειγμα θα ορίσουμε μια κλάση **`PeekableStack`** η οποία είναι σαν την κλάση **`Stack`**, αλλά έχει επίσης μια μέθοδο **`peek`** που εξετάζει το στοιχείο στην κορυφή της στοίβας χωρίς όμως να το αφαιρεί από αυτή

```
/**
 * A PeekableStack is an object that does everything
 * a Stack can do, and can also peek at the top
 * element of the stack without popping it off.
 */
public class PeekableStack extends Stack {

  /**
   * Examine the top element on the stack, without
   * popping it off.  This should be called only if
   * the stack is not empty.
   * @return the top String from the stack
   */
  public String peek() {
    String s = remove();
    add(s);
    return s;
  }
}
```

Κληρονομικότητα (inheritance)

- Επειδή η κλάση **`PeekableStack`** επεκτείνει την κλάση **`Stack`**, κληρονομεί όλες τις μεθόδους και τα πεδία της

  (Κάτι τέτοιο δε συμβαίνει με τις διαπροσωπείες: όταν μια κλάση υλοποιεί μια διαπροσωπεία, το μόνο που αναλαμβάνει είναι μια *υποχρέωση* να υλοποιήσει κάποιες μεθόδους.)
- Εκτός από κληρονομικότητα, η επέκταση των κλάσεων οδηγεί και σε πολυμορφισμό

```
Stack s1 = new PeekableStack();
PeekableStack s2 = new PeekableStack();
s1.add("drive");
s2.add("cart");
System.out.println(s2.peek());
```

Προσέξτε ότι μια κλήση **`s1.peek()`** δε θα ήταν νόμιμη, παρόλο που η **`s1`** είναι μια αναφορά σε ένα αντικείμενο της κλάσης **`PeekableStack`**. Οι λειτουργίες που επιτρέπονται στη Java καθορίζονται από το **στατικό τύπο** της αναφοράς και *όχι* από την κλάση του αντικειμένου.

Ερώτηση

- Η υλοποίηση της μεθόδου **`peek`** δεν ήταν η πιο αποδοτική:

```
public String peek() {
  String s = remove();
  add(s);
  return s;
}
```

- Γιατί δεν κάνουμε το παρακάτω;

```
public String peek() {
  return top.getData();
}
```

Απάντηση

- Το πεδίο **`top`** της κλάσης **`Stack`** έχει δηλωθεί **`private`**
- Η κλάση **`PeekableStack`** δε μπορεί να το προσπελάσει
- Για μια πιο αποδοτική μέθοδο **`peek`**, η κλάση **`Stack`** πρέπει να καταστήσει το πεδίο **`top`** ορατό στις κλάσεις που την επεκτείνουν
- Δηλαδή πρέπει να το δηλώσει ως **`protected`** αντί για **`private`**
- Συνήθης πρόκληση σχεδιασμού για αντικειμενοστρεφείς γλώσσες: πως ο σχεδιασμός θα κάνει εύκολη την επαναχρησιμοποίηση μεθόδων μέσω κληρονομικότητας

Αλυσίδες κληρονομικότητας

- Στη Java, μια κλάση μπορεί να έχει πολλές κλάσεις που παράγονται από αυτή
- Για την ακρίβεια, όλες οι κλάσεις της Java (εκτός από μία) παράγονται από κάποια άλλη κλάση
- Εάν στον ορισμό μιας κλάσης δεν προσδιορίζεται κάποια πρόταση **`extends`**, η Java αυτόματα εννοεί:
  `extends Object`
- Η κλάση **`Object`** είναι η πρωταρχική κλάση της Java (δεν παράγεται από κάποια άλλη)

Η κλάση `Object`

- Όλες οι κλάσεις παράγονται, άμεσα ή έμμεσα, από την προκαθορισμένη κλάση **`Object`**
  - (εκτός φυσικά από την κλάση **`Object`**)
- Όλες οι κλάσεις κληρονομούν μεθόδους από την κλάση **`Object`**, για παράδειγμα:
  - **`getClass`**, επιστρέφει την κλάση του αντικειμένου
  - **`toString`**, για μετατροπή του αντικειμένου σε **`String`**
  - **`equals`**, για σύγκριση με άλλα αντικείμενα
  - **`hashcode`**, για υπολογισμό ενός ακεραίου (**`int`**) που αντιστοιχεί στην τιμή του κωδικού κατακερματισμού (hash code) του αντικειμένου
  - κ.λπ.

Υπερκάλυψη κληρονομημένων ορισμών

- Κάποιες φορές μπορεί να θέλουμε να επανακαθορίσουμε τη λειτουργικότητα μιας κληρονομημένης μεθόδου
- Αυτό δε γίνεται με χρήση κάποιου ειδικού κατασκευαστή: ένας νέος ορισμός μιας μεθόδου αυτόματα **υπερκαλύπτει (overrides)** έναν κληρονομημένο ορισμό του ίδιου ονόματος και τύπου

Παράδειγμα υπερκάλυψης

- Η κληρονομημένη μέθοδος **`toString`** απλώς συνδυάζει το όνομα της κλάσης και τον κωδικό κατακερματισμού (σε μορφή δεκαεξαδικού αριθμού)
- Με άλλα λόγια, ο κώδικας της default μεθόδου τυπώνει κάτι σαν το εξής: **`Stack@b3d42`**
- Μια ειδική μέθοδος **`toString`** στη μέθοδο **`Stack`**, σαν την παρακάτω, μπορεί να τυπώσει ένα πιο διευκρινιστικό μήνυμα:

```
public String toString() {
  return "Stack with top at " + top;
}
```

Ιεραρχίες κληρονομικότητας

- Η σχέση κληρονομικότητας δημιουργεί μια ιεραρχία
- Η ιεραρχία αυτή είναι ένα δένδρο με ρίζα την κλάση `Object`
- Σε κάποιες περιπτώσεις οι κλάσεις απλώς επεκτείνουν η μία την άλλη
- Σε άλλες περιπτώσεις, η ιεραρχία των κλάσεων και η κληρονομικότητα χρησιμοποιούνται ούτως ώστε ο κώδικας που είναι κοινός για περισσότερες από μία κλάσεις να υπάρχει μόνο σε μια κοινή βασική κλάση

Δύο κλάσεις με πολλά κοινά στοιχεία — αλλά καμία δεν είναι μια απλή επέκταση της άλλης.

```
public class Label {
  private int x, y;
  private int width;
  private int height;
  private String text;
  public void move
      (int newX, int newY)
  {
    x = newX;
    y = newY;
  }
  public String getText()
  {
    return text;
  }
}
```

```
public class Icon {
  private int x, y;
  private int width;
  private int height;
  private Gif image;
  public void move
      (int newX, int newY)
  {
    x = newX;
    y = newY;
  }
  public Gif getImage()
  {
    return image;
  }
}
```

Ο κώδικας και τα δεδομένα που είναι κοινά έχουν εξαχθεί σε μια κοινή “βασική” κλάση.

```
public class Graphic {
  protected int x, y;
  protected int width, height;
  public void move(int newX, int newY) {
    x = newX;
    y = newY;
  }
}
```

```
public class Label
    extends Graphic {
  private String text;
  public String getText()
  {
    return text;
  }
}
```

```
public class Icon
    extends Graphic {
  private Gif image;
  public Gif getImage()
  {
    return image;
  }
}
```

Ένα πρόβλημα σχεδιασμού

- Πολλές φορές όταν γράφουμε τον ίδιο κώδικα ξανά και ξανά, σκεφτόμαστε ότι ο κώδικας αυτός πρέπει να “βγει” σε μια συνάρτηση (σε μία μέθοδο)
- Όταν γράψουμε τις ίδιες μεθόδους ξανά και ξανά, σκεφτόμαστε ότι κάποια μέθοδος πρέπει να “βγει” σε μια κοινή βασική κλάση
- Οπότε είναι καλό να καταλάβουμε νωρίς στο σχεδιασμό κατά πόσο υπάρχει ανάγκη για κοινές βασικές κλάσεις, πριν γράψουμε αρκετό κώδικα ο οποίος θα χρειάζεται αναδιοργάνωση

Υποτύποι και κληρονομικότητα

- Μια παραγόμενη κλάση είναι ένας υποτύπος
- Από προηγούμενη διάλεξη:

Ένας υποτύπος είναι ένα υποσύνολο των τιμών κάποιου τύπου, αλλά υποστηρίζει ένα υπερσύνολο των λειτουργιών του.

- Κατά το σχεδιασμό της ιεραρχίας των κλάσεων, πρέπει να σκεφτόμαστε την κληρονομικότητα της λειτουργικότητάς τους
- Όμως οι "φυσικές" ιεραρχίες δεν είναι πάντα ό,τι πιο κατάλληλο μπορεί να υπάρξει όσον αφορά στην κληρονομικότητα των λειτουργιών

Επέκταση και υλοποίηση

Επέκταση και υλοποίηση

- Οι κλάσεις μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις λέξεις κλειδιά **`extends`** και **`implements`** συγχρόνως
- Για κάθε κλάση, η υλοποίηση ενός συστήματος Java κρατάει πληροφορίες για αρκετές ιδιότητες, όπως για παράδειγμα:

Α: τις διαπροσωπείες που η κλάση υλοποιεί
Β: τις μεθόδους που είναι υποχρεωμένη να ορίσει
Γ: τις μεθόδους που ορίζονται για την κλάση
Δ: τα πεδία που περιλαμβάνει η κλάση

Απλές περιπτώσεις

- Ένας ορισμός μεθόδου επηρεάζει μόνο το Γ
- Ένας ορισμός πεδίου επηρεάζει μόνο το Δ
- Μια δήλωση **`implements`** επηρεάζει τα Α και Β
  - Όλες οι διαπροσωπείες προσθέτονται στο Α
  - Όλες οι μέθοδοι τους προσθέτονται στο Β

Α: τις διαπροσωπείες που η κλάση υλοποιεί
Β: τις μεθόδους που είναι υποχρεωμένη να ορίσει
Γ: τις μεθόδους που ορίζονται για την κλάση
Δ: τα πεδία που περιλαμβάνει η κλάση

Η δύσκολη περίπτωση

- Μια δήλωση **`extends`** επηρεάζει όλες τις πληροφορίες:
  - Όλες οι διαπροσωπείες της βασικής κλάσης προσθέτονται στο Α
  - Όλες οι μέθοδοι που υποχρεούται η βασική κλάση να ορίσει προσθέτονται στο Β
  - Όλες οι μέθοδοι της βασικής κλάσης προσθέτονται στο Γ
  - Όλα τα πεδία της βασικής κλάσης προσθέτονται στο Δ

Α: τις διαπροσωπείες που η κλάση υλοποιεί

Β: τις μεθόδους που είναι υποχρεωμένη να ορίσει

Γ: τις μεθόδους που ορίζονται για την κλάση

Δ: τα πεδία που περιλαμβάνει η κλάση

Το προηγούμενο παράδειγμά μας

```
public class Stack implements Worklist {…}

public class PeekableStack extends Stack {…}
```

- Η κλάση **`PeekableStack`** έχει ως:
  - Α: τη διαπροσωπεία **`Worklist`**, από κληρονομιά
  - Β: τις υποχρεώσεις για υλοποίηση των μεθόδων **`add`**, **`hasMore`**, και **`remove`**, επίσης από κληρονομιά
  - Γ: τις μεθόδους **`add`**, **`hasMore`**, και **`remove`**, κληρονομημένες, όπως επίσης και τη δική της μέθοδο **`peek`**
  - Δ: το πεδίο **`top`**, επίσης κληρονομημένο

Μια ματιά στις `abstract` κλάσεις

- Παρατηρείστε ότι το Γ είναι υπερσύνολο του Β: η κλάση πρέπει να έχει ορισμούς για όλες τις μεθόδους
- Η Java συνήθως απαιτεί το παραπάνω
- Οι κλάσεις μπορούν να απαλλαγούν από αυτήν την υποχρέωση με το να δηλωθούν αφηρημένες (**`abstract`**)
- Μια **`abstract`** κλάση μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο ως βασική κλάση
- (Αυτό σημαίνει ότι δεν μπορούν να δημιουργηθούν αντικείμενα της συγκεκριμένης κλάσης.)

Τελικές (`final`) κλάσεις και μέθοδοι

- Περιορίζουν την κληρονομικότητα
  - Οι τελικές κλάσεις δε μπορούν να επεκταθούν και οι τελικές μέθοδοί τους δε μπορούν να ξαναοριστούν
- Παράδειγμα, η κλάση

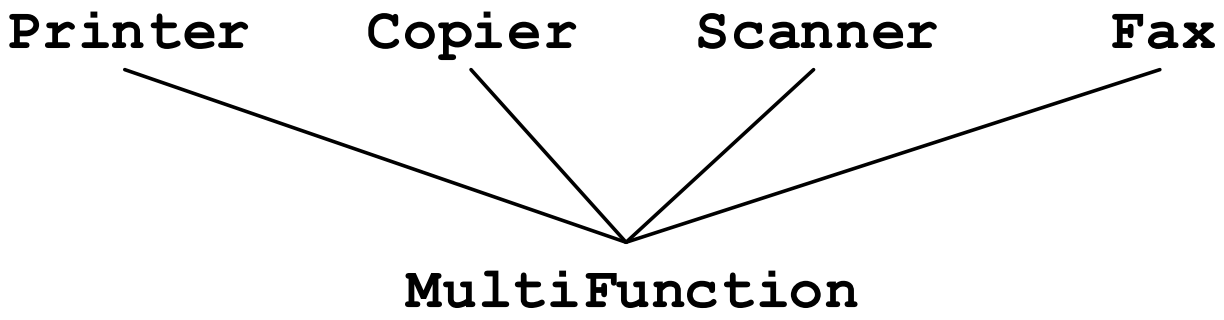
  `java.lang.String`
- Η ύπαρξη τελικών κλάσεων είναι σημαντική για ασφάλεια
  - Ο προγραμματιστής μπορεί να ελέγξει πλήρως τη συμπεριφορά όλων των υποκλάσεων (και κατά συνέπεια των υποτύπων)

Σημ.: Η δήλωση **`final`** μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε πεδία: εκεί, το **`final`** σημαίνει ότι μπορεί να ανατεθεί τιμή μόνο μια φορά στο πεδίο

Πολλαπλή κληρονομικότητα

Πολλαπλή κληρονομικότητα (multiple inheritance)

- Σε κάποιες γλώσσες (όπως η C++) μια κλάση μπορεί να έχει περισσότερες από μία βασικές κλάσεις
- Παράδειγμα: ένα πολυμηχάνημα (multifunction printer)



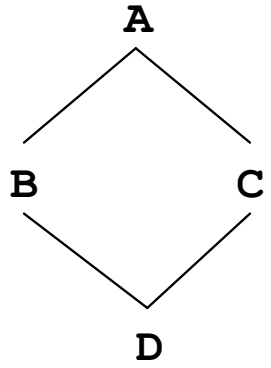
- Επιφανειακά, τόσο η σημασιολογία όσο και η υλοποίηση φαίνονται εύκολες: η κλάση απλά κληρονομεί όλα τα πεδία και τις μεθόδους των βασικών της κλάσεων

Προβλήματα συγκρούσεων

- Οι διαφορετικές βασικές κλάσεις είναι άσχετες μεταξύ τους και μπορεί να μην έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να συνδυάζονται
- Για παράδειγμα, τόσο η κλάση **`Scanner`** όσο και η **`Fax`** μπορεί να έχουν ορίσει μια μέθοδο **`transmit`**
- Το ερώτημα είναι: τι πρέπει να συμβεί όταν καλέσουμε τη μέθοδο **`MultiFunction.transmit`**;

Το πρόβλημα του διαμαντιού

- Μια κλάση μπορεί να κληρονομεί από την ίδια βασική κλάση μέσω περισσοτέρων του ενός μονοπατιού



- Εάν η κλάση **`A`** ορίζει ένα πεδίο **`x`**, τότε τόσο η **`B`** όσο και η **`C`** έχουν ένα
- Δηλαδή η κλάση **`D`** έχει δύο τέτοια πεδία;

Το πρόβλημα είναι επιλύσιμο, αλλά…

- Μια γλώσσα που υποστηρίζει πολλαπλή κληρονομικότητα πρέπει να έχει κάποιους μηχανισμούς χειρισμού αυτών των προβλημάτων
- Βεβαίως, δεν είναι όλα τα προβλήματα τόσο πολύπλοκα
- Όμως, το βασικό ερώτημα είναι: τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η πολλαπλή κληρονομικότητα αξίζουν την πρόσθετη πολυπλοκότητα στο σχεδιασμό της γλώσσας;
- Οι σχεδιαστές της Java ήταν (και είναι) της γνώμης ότι η πολλαπλή κληρονομικότητα δεν αξίζει τον κόπο

Ζωή χωρίς πολλαπλή κληρονομικότητα

- Ένα πλεονέκτημα της πολλαπλής κληρονομικότητας είναι ότι μια κλάση μπορεί να έχει αρκετούς διαφορετικούς μεταξύ τους τύπους (π.χ. **`Copier`** και **`Fax`**)
  - Αυτό μπορεί να γίνει στη Java με χρήση διαπροσωπειών: μια κλάση μπορεί να υλοποιεί έναν απεριόριστο αριθμό από διαπροσωπείες
- Ένα επιπλέον πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα κληρονομιάς λειτουργικότητας από πολλαπλές βασικές κλάσεις
  - Αυτό είναι δυσκολότερο να γίνει σε μια γλώσσα σαν τη Java

Προώθηση (forwarding)

```
public class MultiFunction {
  private Printer myPrinter;
  private Copier  myCopier;
  private Scanner myScanner;
  private Fax     myFax;

  public void copy() {
    myCopier.copy();
  }
  public void transmitScanned() {
    myScanner.transmit();
  }
  public void sendFax() {
    myFax.transmit();
  }
  …
}
```

Παραμετρικότητα μέσω Generics

Ανυπαρξία γενικών κλάσεων στις Java 1.0-1.4

- Το προηγούμενο παράδειγμα κλάσης **`Stack`** ορίστηκε ως μια στοίβα από συμβολοσειρές
- Κατά συνέπεια, δε μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί για στοίβες άλλων τύπων
- Στην ML μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε μεταβλητές τύπων για περιπτώσεις σαν και αυτές:

```
datatype 'a node =
  NULL |
  CELL of 'a * 'a node;
```

- Η Ada και η C++ έχουν κάτι παρόμοιο, αλλά όχι η Java

Ζωή χωρίς γενικές κλάσεις στις Java 1.0-1.4

- Μπορούμε να ορίσουμε μια στοίβα της οποίας τα στοιχεία είναι αντικείμενα της κλάσης **`Object`**
- Ο τύπος **`Object`** είναι ο πιο γενικός τύπος της Java και περιλαμβάνει όλες τις αναφορές
- Κατά συνέπεια ο ορισμός μέσω της κλάσης **`Object`** επιτρέπει σε αντικείμενα οποιασδήποτε κλάσης να τοποθετηθούν στη στοίβα
- Το παραπάνω προσφέρει κάποιου είδους πολυμορφισμό υποτύπων

```
public class GenericNode {
  private Object data;
  private GenericNode link;
  public GenericNode(Object theData,
                     GenericNode theLink) {
    data = theData;
    link = theLink;
  }
  public Object getData() {
    return data;
  }
  public GenericNode getLink() {
    return link;
  }
}
```

Κατά παρόμοιο τρόπο, θα μπορούσαμε να ορίσουμε την κλάση **GenericStack** (και μια **GenericWorklist** διαπροσωπεία) με χρήση **Object** στη θέση της **String**

Μειονέκτημα

- Για να ανακτήσουμε τον τύπο του αντικειμένου στη στοίβα, θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε ένα type cast:

```
GenericStack s1 = new GenericStack();
s1.add("hello");
String s = (String) s1.remove();
```

- Το παραπάνω μάλλον δεν είναι ότι πιο φιλικό για τον προγραμματιστή
- Επίσης δεν είναι ότι πιο αποδοτικό σε χρόνο εκτέλεσης: η Java πρέπει να ελέγξει κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος ότι το type cast επιτρέπεται – δηλαδή ότι το αντικείμενο είναι πράγματι ένα **`String`**

Άλλο μειονέκτημα

- Οι πρωτόγονοι τύποι πρέπει πρώτα να αποθηκευθούν σε ένα αντικείμενο εάν θέλουμε να τους βάλουμε σε μια στοίβα:

```
GenericStack s2 = new GenericStack();
s2.add(new Integer(42));
int i = ((Integer) s2.remove()).intValue();
```

- Το παραπάνω είναι επίπονο και όχι ό,τι πιο αποδοτικό
- Η κλάση **`Integer`** είναι η προκαθορισμένη κλάση περιτύλιγμα (wrapper class) για τους ακεραίους
- Υπάρχει μια τέτοια κλάση για κάθε πρωτόγονο τύπο

Πραγματικά Generics (Java 1.5, “Tiger”)

- Ξεκινώντας με τη Java 1.5, η Java έχει generics, δηλαδή παραμετρικές πολυμορφικές κλάσεις (και διαπροσωπείες)
- Η σύνταξή τους μοιάζει με τη σύνταξη των C++ templates

```
public class Stack<T> implements Worklist<T> {
  private Node<T> top = null;
  public void add(T data) {
    top = new Node<T>(data,top);
  }
  public boolean hasMore() {
    return (top != null);
  }
  public T remove() {
    Node<T> n = top;
    top = n.getLink();
    return n.getData();
  }
}
```

Χρησιμοποίηση των Generics

```
Stack<String> s1 = new Stack<String>();
Stack<int> s2 = new Stack<int>();
s1.add("hello");
String s = s1.remove();
s2.add(42);
int i = s2.remove();
```

Java 1.0 έναντι Java με Generics

```
class Stack {
  void push(Object o) {
  ... }
  Object pop() { ... }
  ...
}
String s = "Hello";
Stack st = new Stack();
...
st.push(s);
...
s = (String) st.pop();
```

```
class Stack<T> {
  void push(T a) { ...
  }
  T pop() { ... }
  ...
}
String s = "Hello";
Stack<String> st =
   new Stack<String>();
st.push(s);
...
s = st.pop();
```

Γιατί δεν υπήρξαν generics στις πρώτες Java;

- Υπήρξαν αρκετές προτάσεις για επέκταση
- Σε συμφωνία με τους βασικούς σκοπούς της γλώσσας
- Όμως “ο διάβολος είναι στις λεπτομέρειες”, όπως:
  - Τι παρενέργειες έχει η ύπαρξη generics για τη διαδικασία ελέγχου των τύπων;
  - Ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος να γίνει η υλοποίηση;
    - Μπορεί η αφηρημένη μηχανή της Java να υποστηρίξει τα generics;
    - Αν ναι, μέσω πρόσθετων bytecodes ή με κάποιον άλλο τρόπο;
    - Μέσω ξεχωριστού κώδικα για κάθε στιγμιότυπο;
    - Ή μέσω του ίδιου κώδικα (με χρήση casts) για όλα τα στιγμιότυπα;

To Java Specification Request (JSR 14) ενσωματώθηκε στη Java 1.5

Generics στη Java 1.5 (“Tiger”)

- Υιοθετήθηκε η σύνταξη που μόλις είδαμε
- Προστέθηκε αυτόματη μετατροπή boxing + unboxing

Τι θα γράφαμε χωρίς αυτόματη μετατροπή

```
Stack<Integer> st =
   new Stack<Integer>();
st.push(new Integer(42));
...
int i = (st.pop()).intValue();
```

Τι γράφουμε στη Java 1.5

```
Stack<Integer> st =
   new Stack<Integer>();
st.push(42);
...
int i = st.pop();
```

Οι τύποι των generics της Java ελέγχονται

- Μια γενική κλάση μπορεί να θελήσει να χρησιμοποιήσει λειτουργίες σε αντικείμενα ενός τύπου-παραμέτρου

  Παράδειγμα: **`PriorityQueue<T>`** … **`if x.less(y) then`** …

- Δύο πιθανές προσεγγίσεις:
  - C++: Κατά το χρόνο σύνδεσης (linking) ελέγχεται το κατά πόσο όλες οι λειτουργίες μπορούν να επιλυθούν
  - Java: Οι τύποι ελέγχονται στατικά και δε χρειάζεται να γίνει κάποιος έλεγχος των generics κατά το χρόνο σύνδεσης
    - Αυτή η προσέγγιση επιβάλλει στο πρόγραμμα να έχει πληροφορία για τον τύπο της παραμέτρου
    - Παράδειγμα : **`PriorityQueue<T extends ...>`**

Παράδειγμα: Πίνακας κατακερματισμού

```
public interface Hashable {
   int HashCode();
};
class HashTable <Key extends Hashable, Value> {
   void  Insert(Key k, Value v) {
      int bucket = k.HashCode();
      InsertAt(bucket, k, v);
   }
   …
};
```

Η έκφραση πρέπει να μην πετάει σφάλμα κατά τη διαδικασία ελέγχου των τύπων. Χρησιμοποιούμε "**`Key extends Hashable`**"

Παράδειγμα: Ουρά προτεραιότητας

```
public interface Comparable<I> {
   boolean lessThan(I);
};
class PriorityQueue<T extends Comparable<T>> {
   T queue[]; …
   void insert(T t) {
      … if (t.lessThan(queue[i]) …
   }
   T remove() { … }
   …
};
```

Ένα τελευταίο παράδειγμα …

```
public interface LessAndEqual<I> {
   boolean lessThan(I);
   boolean equal(I);
}
class Relations<C extends LessAndEqual<C>> extends C {
     boolean greaterThan(Relations<C> a) {
       return a.lessThan(this);
     }
     boolean greaterEqual(Relations<C> a) {
       return greaterThan(a) || equal(a);
     }
     boolean notEqual(Relations<C> a) { ... }
     boolean lessEqual(Relations<C> a) { ... }
               ...
}
```

Υλοποίηση των Generics

- Διαγραφή τύπων (type erasure)
  - Ο έλεγχος τύπων κατά τη μετάφραση χρησιμοποιεί τα generics
  - Στη συνέχεια ο compiler απαλείφει τα generics μέσω διαγραφής
    - Δηλαδή μεταγλωττίζει `List<T>` σε `List`, `T` σε `Object`, και προσθέτει αυτόματες μετατροπές τύπων (casts)

- Τα generics της Java δεν είναι σαν τα templates της C++
  - Οι δηλώσεις των generics ελέγχονται ως προς τους τύπους τους
  - Τα generics μεταφράζονται άπαξ
    - Δεν λαμβάνει χώρα κάποια στιγμιοτυποποίηση (instantiation)
    - Ο παραγόμενος κώδικας δε διογκώνεται