

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)**

Περισσότερη Java

2

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

Περισσότερη Java

3

Περισσότερη Java

4

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 διαπρωσιών ...
}
```

Γιατί χρησιμοποιούμε διαπρωσιές;

- Μια διαπρωσία 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 διαπρωσίας 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 διαπρωσιές

```
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 διαπρωσία `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 διαπρωσία 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();
}

```

Περισσότερη Java

9

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

Περισσότερη Java

10

```

/**
 * 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;
    }
}

```

Περισσότερη Java

11

```

/**
 * 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;
}
}

```

Περισσότερη Java

12

```

/**
 * 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);
    }
}

```

Περισσότερη Java

13

```

/**
 * 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();
}
}

```

Περισσότερη Java

14

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.

Περισσότερη Java

15

Επέκταση των κλάσεων

Περισσότερη Java

16

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;  
    }  
}
```

Περισσότερη Java

29

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 γράφουμε 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

Περισσότερη Java

30

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



Περισσότερη Java

31

Επέκταση και υλοποίηση

Περισσότερη Java

32

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:

A: τις διαπροσωπείες που η κλάση υλοποιεί
B: 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 A και B
 - Όλες οι διαπροσωπείες προσθέτονται στο A
 - Όλες οι μέθοδοι τους προσθέτονται στο B

A: τις διαπροσωπείες που η κλάση υλοποιεί
B: 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 A
 - Όλες οι μέθοδοι που υποχρεούται η βασική κλάση να ορίσει προσθέτονται στο B
 - Όλες οι μέθοδοι της βασικής κλάσης προσθέτονται στο Γ
 - Όλα τα πεδία της βασικής κλάσης προσθέτονται στο Δ

A: τις διαπροσωπείες που η κλάση υλοποιεί
B: 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:
 - A: τη διαπροσωπεία `Worklist`, από κληρονομιά
 - B: 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

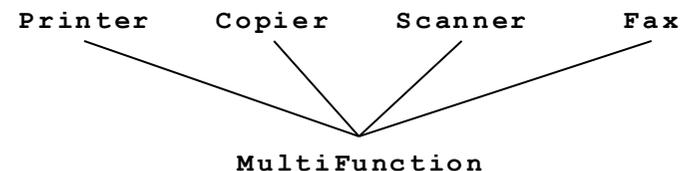
- Περιορίζουν την κληρονομικότητα
 - Οι τελικές κλάσεις δε μπορούν να επεκταθούν και οι τελικές μέθοδοί τους δε μπορούν να ξαναοριστούν
- Παράδειγμα, η κλάση `java.lang.String`
- Η ύπαρξη τελικών κλάσεων είναι σημαντική για ασφάλεια
 - Ο προγραμματιστής μπορεί να ελέγξει πλήρως τη συμπεριφορά όλων των 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`)



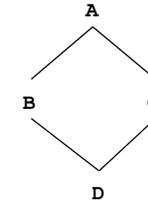
- Επιφανειακά, τόσο η σημασιολογία όσο και η υλοποίηση φαίνονται εύκολες: η κλάση απλά κληρονομεί όλα τα πεδία και τις μεθόδους των βασικών της κλάσεων

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 περισσότερων 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;

Το 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