תכנות מתקדם בשפת Java
אצנים ואוספים
(collections and iterators)

אורנית דרור ואוהד ברזילי

אוניברסיטת תל אביב

איטרטור (סודר? אצן? סורק?)

- איטרטור הוא הפשטה של מעבר בסדר מוגדר מראש על מבנה נתונים כלשהו
- כדי לבצע פעולה ישירה על מבנה נתונים, יש לדעת כיצד הוא מיוצג
- גישה בעזרת איטרטור למבנה הנתונים מאפשרת למשתמש לסרוק מבנה נתונים ללא צורך להכיר את המבנה הפנימי שלו

הדפסת מערך (אינדקסים)

```
char[] letters = {'a','b','c','d','e','f'};

void printLetters() {
   System.out.print("Letters: ");

   for (int i=0 ; i < letters.length ; i++) {
       System.out.print(letters[i] + " ");
   }

   System.out.println();
}
```

גישה בעזרת משתנה העזר לנתון עצמו

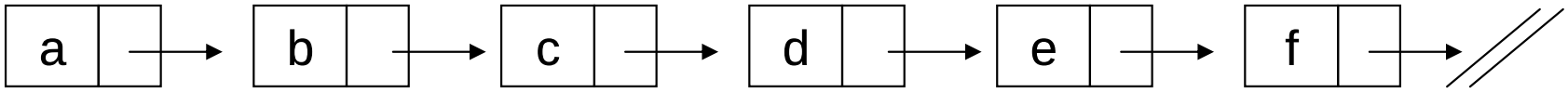
הגדרת משתנה עזר ואתחולו

בדיקה: האם גלשנו

קידום משתנה העזר (מעבר לאיבר הבא)

הדפסת רשימה מקושרת

```
public class Cell<T> {
   private T content;
   private Cell<T> next;

   public Cell (T content, Cell<T> next) {
        this.content = content;
        this.next = next;
   }
   public T getContent() {
        return content;
   }
   public Cell<T> getNext() {
        return next;
   }
   public void setNext(Cell<T> next) {
        this.next = next;
   }
```



הדפסת רשימה מקושרת - המשך

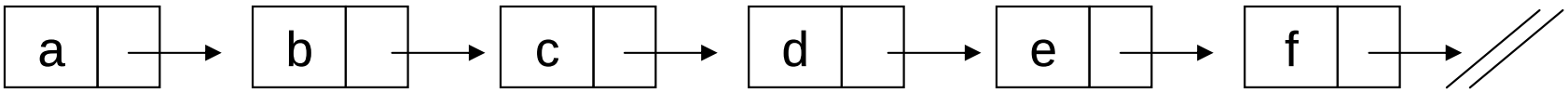
```
...

public void printList() {
     System.out.print("List: ");

     for (Cell<T> y = this ; y != null ; y = y.getNext()) {
          System.out.print(y.getContent() + " ");
     }

     System.out.println();
     }
}
```

הגדרת משתנה עזר ואתחולו

בדיקה: האם גלשנו

גישה בעזרת משתנה העזר לנתון עצמו

קידום משתנה העזר (מעבר לאיבר הבא)



הכרות אינטימית עם מבנה הנתונים

- 2 הדוגמאות הקודמות חושפות ידע מוקדם שיש לכותבת פונקצית ההדפסה על מבנה הנתונים:
  - היא יודעת איפה הוא מתחיל ואיפה הוא נגמר
  - היא מכירה את מבנה הטיפוס שבעזרתו ניתן לקבל את המידע השמור במצביע
  - היא יודעת איך לעבור מאיבר לאיבר שאחריו

- בדוגמת הרשימה המקושרת כותבת המחלקה Cell (**הספקית**) היא זו שכתבה את מתודת ההדפסה

- זה אינו מצב רצוי - זהו רק מקרה פרטי של פעולה אחת מני רבות ש**לקוחות** עשויים לרצות לבצע על מחלקה. על המחלקה לספק **כלים** ללקוחותיה לבצע פעולות כאלו בעצמם

האיטרטור

- איטרטור הוא בעצם **מנשק** (interface) המגדיר פעולות יסודיות שבעזרתן ניתן לבצע מגוון רחב של פעולות על אוספים

- ב Java טיפוס יקרא Iterator אם ניתן לבצע עליו 4 פעולות:
  - בדיקה האם גלשנו (`hasNext()`)
  - קידום (`next()`)
  - גישה לנתון עצמו (`next()`)
  - הסרה של נתון (`remove()`) – אופציונלי

האיטרטור

- כן, זה נורא! `next()` היא גם פקודה וגם שאילתה
  - ממש כשם שמימושים מסוימים של `pop()` על מחסנית גם מסירים את האיבר העליון וגם מחזירים אותו
- בשפות אחרות (c++ או Eiffel):
  - יש הפרדה בין קידום משתנה העזר והגישה לנתון
  - `remove()` אינה חלק משרותי איטרטור (וכך גם אנו סבורים)

אלגוריתם כללי להדפסת אוסף

```
for (Iterator iter = collection.iterator();
      iter.hasNext( ); ) {
   System.out.println(iter.next());
}
```

גישה בעזרת
משתנה העזר לנתון
וקידומו לאיבר הבא

- מבנה הנתונים עצמו אחראי לספק ללקוח איטרטור תיקני (עצם ממחלקה שממשת את ממשק `Iterator`) המאותחל לתחילת מבנה הנתונים
- נרצה שהמחלקה **`Cell`** תספק ללקוחותיה את האפשרות לסרוק את האיברים ברשימה ממנה ואילך. לשם כך עליה לספק להם **`Iterator`**

הגדרת
משתנה עזר
ואתחולו

בדיקה:
האם גלשנו

תקני CellIterator

```
class CellIterator<S> implements Iterator<S> {
   public CellIerator(Cell<S> cell) {
       this.curr = cell;
   }

   public boolean hasNext() {
       return curr != null;
   }

   public S next() {
       S result = curr.getContent();
       curr = curr.getNext();
       return result;
   }

   public void remove() {} // must be implemented

   private Cell<S> curr;
}
```

מספקת איטרטור ללקוחותיה Cell

```
public class Cell<T> implements Iterable<T> {
   //...
   public Iterator<T> iterator() {
       return new CellIterator<T>(this);
   }
}
```

- מחלקות המממשות את המתודה **iterator()** בעצם ממשות את המנשק **Iterable<T>** המכיל מתודה זו בלבד

- הצימוד בין **Cell** ו- **CellIterator** חזק. בהמשך הקורס, כאשר נלמד מחלקות פנימיות נממש את האיטרטור כמחלקה פנימית של האוסף שעליו הוא פועל
- כעת הלקוח יכול לבצע פעולות על כל אברי הרשימה בלי לדעת מהו המבנה הפנימי שלה

printSquares

```
public void printSquares(Cell<Integer> head) {
   for (Iterator<Integer> iter = head.iterator();
        iter.hasNext();) {
       int i = iter.next();
       System.out.println(i*i);
   }
}
```

Autoboxing

What is the output for:

```
System.out.println(iter.next()*iter.next());
```

(שמרו לכן על הפרדה בין פקודות לשאיתות)

- הלקוח מדפיס את ריבועי אברי הרשימה בלי להשתמש בעובדה שזו אכן רשימה
- בהמשך נראה שטיפוס הארגומנט `Cell<Integer>` יכול להיות מוחלף בשם הממשק `Collection` (אוסף נתונים כלשהו), ואז הלקוח לא ידע אפילו את **שמו** של טיפוס מבנה הנתונים

for/in (foreach)

- לולאת for שמבצעת את אותה פעולה על כל אברי אוסף נתונים כלשהו כה שכיחה, עד שב Java 5.0 הוסיפו אותה לשפה בתחביר מיוחד (for/in)
- הקוד מהשקף הקודם שקול לקוד הבא:

```
public void printSquares(Cell<Integer> head) {
   for (int i : head)
        System.out.println(i*i);
}
```

- יש לקרוא זאת כך:
  - "לכל איבר i מטיפוס int שבאוסף הנתונים head..."
- אוסף הנתונים head חייב לממש את המנשק **Iterable**

for/in (foreach)

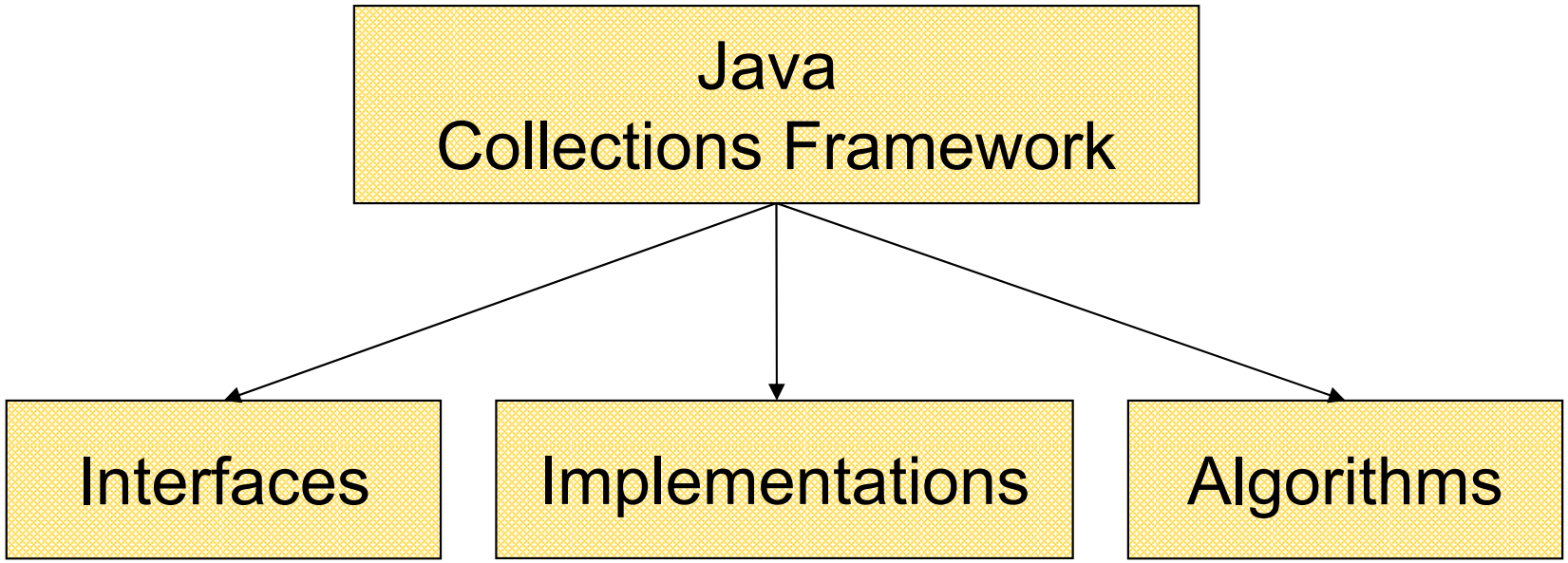
- ניתן לעבוד עם מערכים כטיפוס Iterable:

```
int[] arr = {6,5,4,3,2,1};
for (int i : arr) {
  System.out.println(i*i);
}
```

Java Collections

Java Collections Framework

- **Collection**: a group of elements
- Interface Based Design:



Online Resources

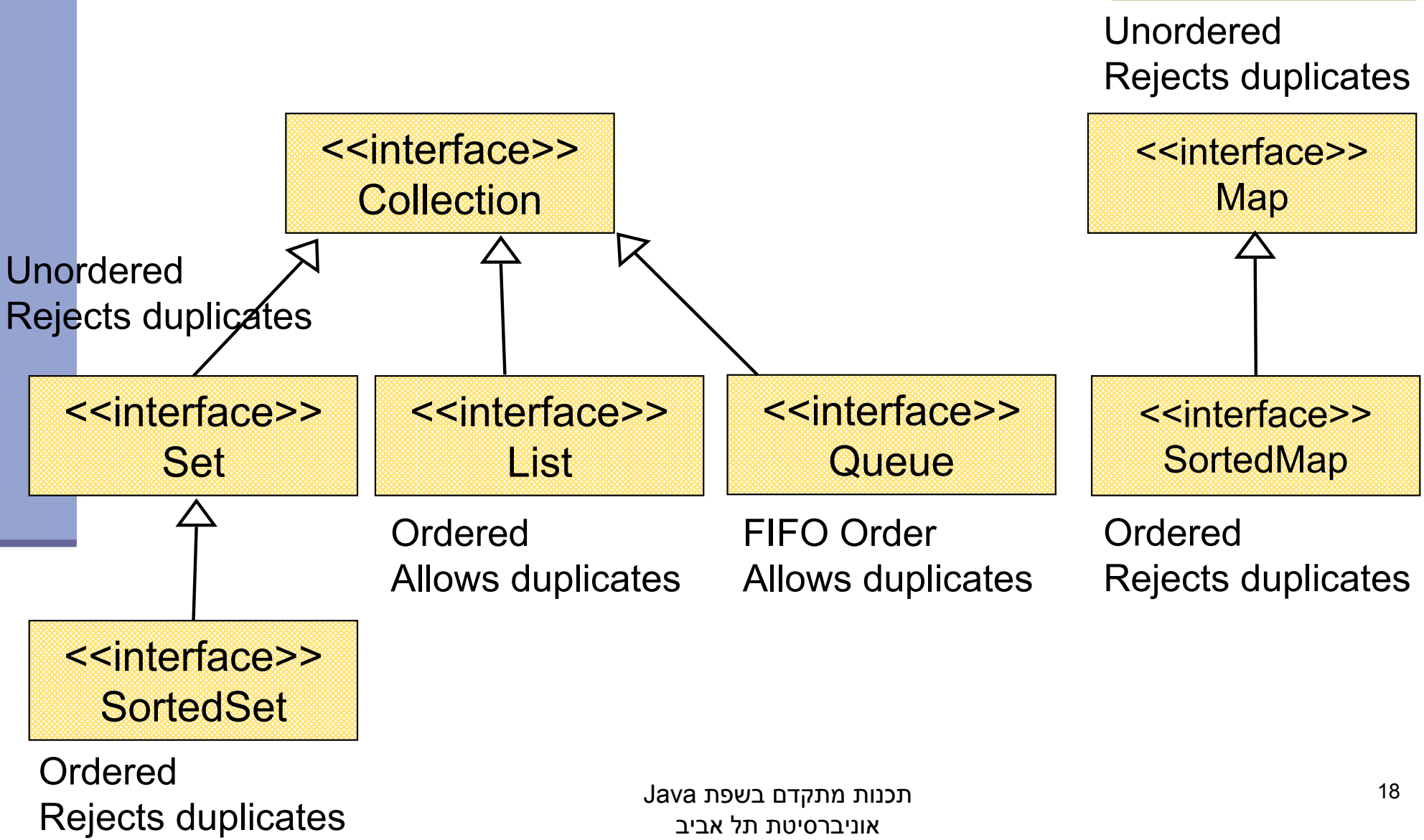
- Java 5 API Specification:

  http://java.sun.com/j2se/1.5.0/docs/api/index.html

- Sun Tutorial:

  http://java.sun.com/docs/books/tutorial/collections/

Collection Interfaces



The `Collection` Interface

- Doesn't hold primitives (use wrapper classes)
- Since Java5 collections are type-safe:

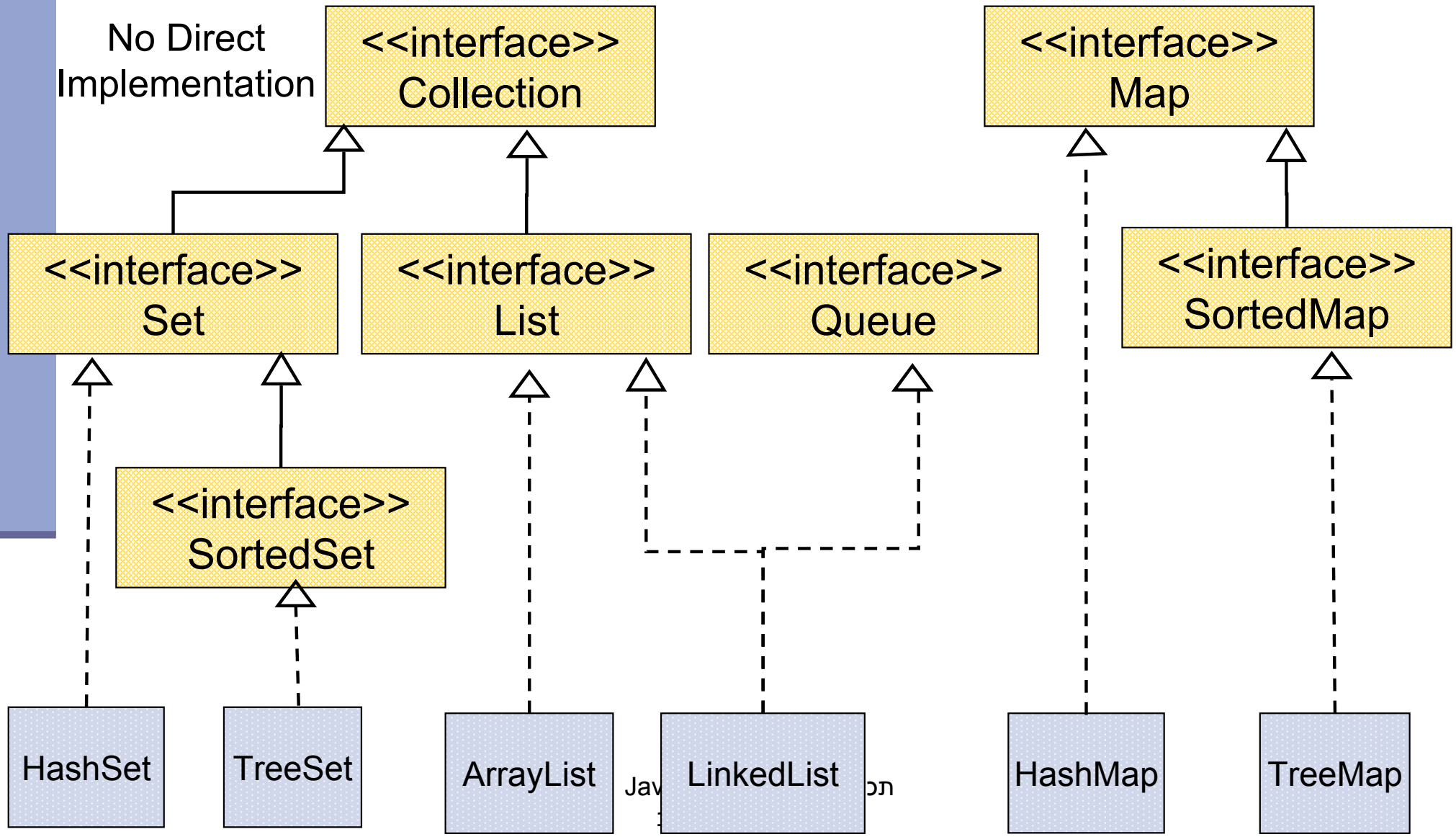
```
Collection<String> collectionOfStrings = new LinkedList<String>();
Collection<Integer> collectionOfIntegers = new LinkedList<Integer>();

collectionOfStrings.add("Hello");                    ☑
collectionOfIntegers.add(5);                         ☑
collectionOfIntegers.add(new Integer(6));            ☑

collectionOfStrings.add(7);                          ☒
collectionOfIntegers.add("world");                   ☒
```

Collection Implementations

- Class Name Convention: <Data structure> <Interface>

General Purpose Implementations		Data Structures			
		Hash Table	**Resizable Array**	**Balanced Tree**	**Linked List**
Interfaces	**Set**	HashSet		TreeSet (SortedSet)	
	Queue				LinkedList
	List		ArrayList		LinkedList
	Map	HashMap		TreeMap (SortedMap)	

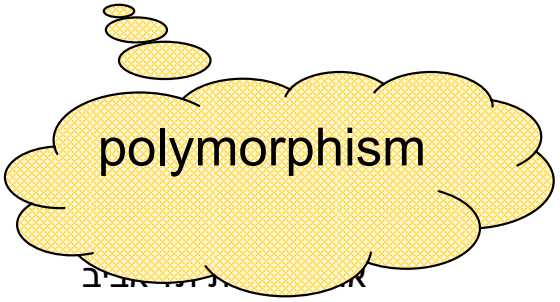
General Purpose Implementations



Best Practice

- Specify an implementation only when a collection is constructed:
  - `Set s = new HashSet();`

    Interface — Implementation
  - `public void foo(HashSet s) {…}` **Works, but…**
    `public void foo(Set s) {…}` **Better!**
  - `s.add()` invokes `HashSet.add()`



List Example

```
List<Integer> list = new ArrayList<Integer>();
list.add(3);
list.add(1);
list.add(new Integer(1));
list.add(new Integer(6));
list.remove(list.size()-1);
System.out.println(list);
```

Interface

Implementation

List holds Object references (auto-boxing)

List allows duplicates

Invokes List.toString()

remove() can get *index* or *reference* as argument

Insertion order is kept

Output:

```
[3, 1, 1]
```

Set Example

```
Set<Integer> set = new HashSet<Integer>();
set.add(3);
set.add(1);
set.add(new Integer(1));
set.add(new Integer(6));
set.remove(6);
System.out.println(set);
```

`remove()` can get only *reference* as argument

Output: `[1, 3]`

Insertion order is not guaranteed

A set does not allow duplicates.

it may *not* contain:

- two references to the same object
- two references to `null`
- references to two objects a and b such that `a.equals(b)`

Queue Example

```
Queue<Integer> queue = new LinkedList<Integer>();
queue.add(3);
queue.add(1);
queue.add(new Integer(1));
queue.add(new Integer(6));
queue.remove();
System.out.println(queue);
```

Elements are added to the tail of the queue

`remove()` may have no argument – head is removed

Output: `[1, 1, 6]`

FIFO order

Map Example

```
Map<String,String> map = new HashMap<String,String>();
map.put("Dan", "03-9516743");
map.put("Rita", "09-5076452");
map.put("Leo", "08-5530098");
map.put("Rita", "06-8201124");
System.out.println(map);
```

No duplicates

Unordered

Output:

{Leo=08-5530098, Dan=03-9516743, Rita=06-8201124}

Keys (names)	Values (phone numbers)
Dan	03-9516743
Rita	06-8201124
Leo	08-5530098

SortedMap Example

```
SortedMap<String,String> map = new TreeMap<String,String>();
map.put("Dan", "03-9516743");
map.put("Rita", "09-5076452");
map.put("Leo", "08-5530098");
map.put("Rita", "06-8201124");
System.out.println(map);
```

lexicographic order

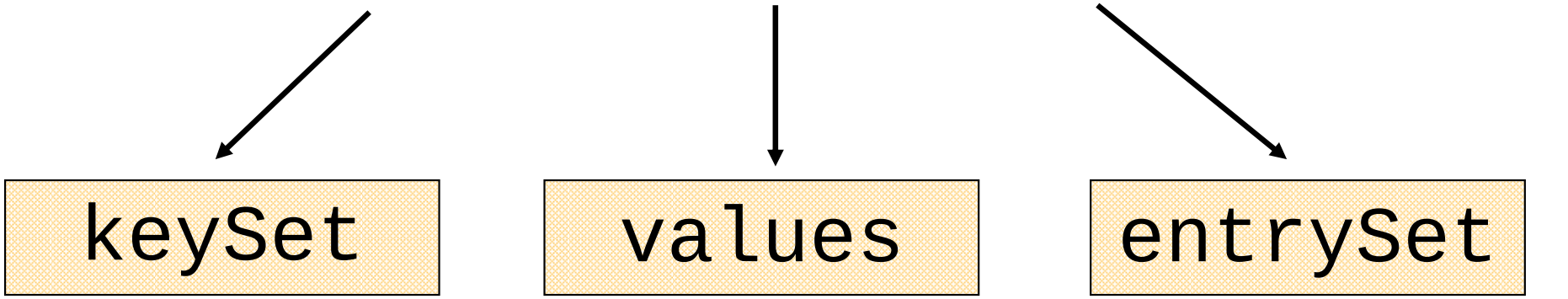
Output:

{Dan=03-9516743, Leo=08-5530098, Rita=06-8201124}

Keys (names)	Values (phone numbers)
Dan	03-9516743
Rita	06-8201124
Leo	08-5530098

Map Collection Views

Three views of a `Map<K, V>` as a collection



Set<K>

Collection<V>

Set<Map.Entry<K,V>>

Iterating Over the Keys of a Map

```
Map<String,String> map = new  HashMap<String,String>();
map.put("Dan", "03-9516743");
map.put("Rita", "09-5076452");
map.put("Leo", "08-5530098");
map.put("Rita", "06-8201124");

for (Iterator<String> iter= map.keySet().iterator(); iter.hasNext(); ) {
    System.out.println(iter.next());
}
```

Output:

```
Leo
Dan
Rita
```

Iterating Over the Keys of a Map

```
Map<String,String> map = new  HashMap<String,String>();
map.put("Dan", "03-9516743");
map.put("Rita", "09-5076452");
map.put("Leo", "08-5530098");
map.put("Rita", "06-8201124");

for (String key : map.keySet()) {
    System.out.println(key);
}
```

Output:

```
Leo
Dan
Rita
```

Iterating Over the Key-Value Pairs of a Map

```
Map<String,String> map = new HashMap<String,String>();
map.put("Dan", "03-9516743");
map.put("Rita", "09-5076452");
map.put("Leo", "08-5530098");
map.put("Rita", "06-8201124");

for (Iterator<Map.Entry<String,String>> iter= map.entrySet().iterator();
    iter.hasNext(); ) {
    Map.Entry<String,String> entry = iter.next();
    System.out.println(entry.getKey() + ": " + entry.getValue());
}
```

Output:

```
Leo: 08-5530098
Dan: 03-9516743
Rita: 06-8201124
```

Iterating Over the Key-Value Pairs of a Map

```
Map<String,String> map = new HashMap<String,String>();
map.put("Dan", "03-9516743");
map.put("Rita", "09-5076452");
map.put("Leo", "08-5530098");
map.put("Rita", "06-8201124");

for (Map.Entry entry : map.entrySet()) {
    System.out.println(entry.getKey() + ": " + entry.getValue());
}
```

Output:

```
Leo: 08-5530098
Dan: 03-9516743
Rita: 06-8201124
```

Collection Algorithms

- Defined in the Collections class
- Main algorithms:
  - sort
  - binarySearch
  - reverse
  - Shuffle
  - Min
  - max

Sorting

```
import java.util.*;

public class Sort {
    public static void main(String args[]) {
        List<String> list = Arrays.asList(args);
        Collections.sort(list);
        System.out.println(list);
    }
}
```

import the package of `List`, `Collections` and `Arrays`

returns a List-view of its array argument.

Arguments: A C D B

Output: [A, B, C, D]

lexicographic order

Sorting (cont.)

- Sort a `List l` by `Collections.sort(l);`
- If the list consists of `String` objects it will be sorted in lexicographic order. Why?
- String implements Comparable<String>:

```
public interface Comparable<T> {
    public int compareTo(T o);
}
```

- Exception when sorting a list whose elements
  - do not implement `Comparable` or
  - are not *mutually comparable*.