Rolf Axelsson

Laboration 11 – binärt träd, heap och prioritetskö

Packa upp filerna i **labortionsfilen** i paketet **laboration11**.

Uppgifter

1. I metoden ***exercise1*** i **Laboration11.java** skapas ett binärt träd. Rita på ett papper hur trädet som skapas ser ut.

   Kontrollera sedan ditt resultat genom att aktivera sista raden i uppgift1():
   ```
   tree.showTree();
   ```
   och anropa ***exercise1*** från main-metoden.

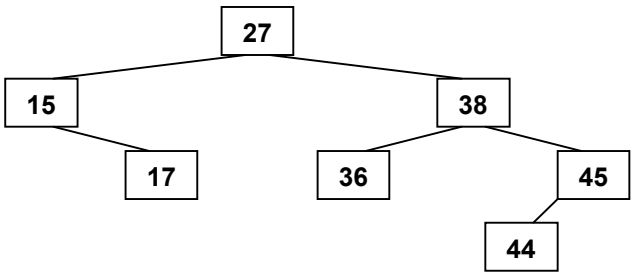
2. I metoden ***exercise2*** i **Laboration11.java** skapas ett binärt träd. Rita på ett papper hur trädet som skapas ser ut.

   Kontrollera sedan ditt resultat genom att aktivera sista raden i uppgift1():
   ```
   tree.showTree();
   ```
   och anropa ***exercise2*** från main-metoden.

3. I metoden ***exercise3*** i **Laboration11.java** skapas ett binärt träd. Rita på ett papper hur trädet som skapas ser ut.

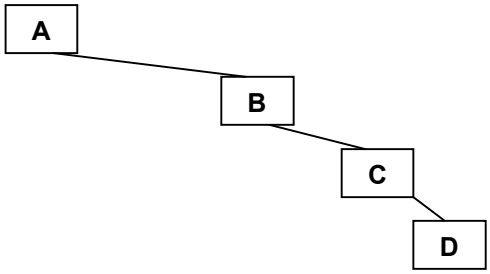
   Kontrollera sedan ditt resultat genom att aktivera sista raden i uppgift1():
   ```
   tree.showTree();
   ```
   och anropa ***exercise3*** från main-metoden.

4a. Skapa ett binärt träd med nedanstående utseende. Placera Integer-objekt i trädet



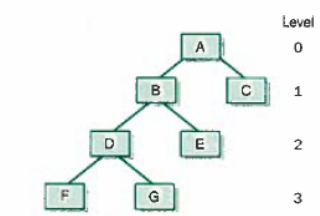
   Placera din kod i metoden ***exercise4***.

4b. Skapa ett binärt träd med nedanstående utseende. Placera Character-objekt i trädet.



   Placera din kod i metoden ***exercise5***.

4c. Skapa ett träd som ser ut som trädet på s 625 i läroboken.



5. Komplettera klassen BTNode med metoden ***search***
   public BTNode<E> search(E value)
   vilken ska söka efter ett objekt i trädet och returnera en referens till noden som lagrar objektet. Om objektet inte finns i trädet ska *null* returneras.

   Du kan följa nedanstående algoritm när du löser problemet:
   Deklarera variabeln *node* av typen BTNode<E> och initiera variabelns värde till *null*.
   Om *value* och *this.value* är samma (använd equals-metoden)
   tilldela *node* värdet av *this*
   Om *(node == null)* och *(this.left != null)* // ej funnet och går det att leta till vänster?
   tilldela *node* värdet av det rekursiva anropet *this.left.search(value);*
   Om *(node == null)* och *(this.right != null)* // ej funnet och går det att leta till höger?
   tilldela *node* värdet av det rekursiva anropet *this.right.search(value);*
   Returnera *node*

   Testa din lösning genom att lägga till anrop till search-metoden i slutet av metoden ***exercise1*** i **Laboration11**:

```
BTNode<Integer> res = tree.search( new Integer(108) );
if( res!= null) {
    System.out.println( "Finns" );
} else {
    System.out.println( "Finns ej" );
}
```

   Testa med olika värden så du försäkrar dig om att din lösning är bra.

6. Rita upp trädet i exercise 1, exekvera anropet tree.search(new Integer(108)) med debuggerna och markera i trädet ordningen för exekveringen.

7a. Exekvera main-metoden i klassen *ArrayHeap*. Som du ser ordnas *Integer*-objekten i heapen så att lägst värde tas ur heapen först. Klassen *Integer* implementerar *Comparable* på så sätt att lägst värde ska ordnas först.
   Testa även den avmarkerade konstruktorn och studera resultatet. Hur fungerar *ReverseComparable*-objekt vid jämförelser?

7b. Komplettera klassen ***ArrayHeap<E>*** med konstruktorn ***public ArrayHeap(E[] elements)*** och med metoden ***heapify()***. Konstruktorn är given nedan och information/algoritm för *heapify* finner du under konstruktorn.

```
public ArrayHeap(E[] elements) {
    this.list = elements;
    size = list.length;
    comp = new Comp();
    heapify();
}
```

   Metoden *heapify* ska bygga heapen från botten, dvs. successivt skapa allt större subträd som var och ett utgör en heap. Vi tänker oss att elementen i arrayen lagras i ett binärt träd och nu ska vi se till att elementen uppfyller kraven för en heap.

   Algoritm för heapify():
   Lagra positionen för den sista föräldern i trädet i variabeln *parent* (*int*). Den sista föräldern är i position *(size – 2) / 2*.
   Medan förälderns position är större eller lika med 0 så
   Anropa metoden *siftDown* med *parent* som argument
   Minska *parent* med 1

   När du är färdig ska du skapa en array (t.ex. en Integer-array) och testa konstruktorn.

7c. Skriv **klassmetoden *public static <E> void sort(E[] elements)*** i klassen *ArrayHeap*. Metoden ska ordna objekten i arrayen *elements* växande genom heapsort.
Du kan följa denna algoritm:
Skapa en *ArrayHeap* med *elements* som argument.
Medan det finns fler element i heapen så
  fyll arrayen *elements* från slutet (bakifrån) med elementen i heapen

Hur fungerar sorteringen? Fundera och googla.

7d. Det tråkiga med lösningen i uppgift 7c är att elementen ordnas avtagande. Nu ska du lägga till konstruktorn ***public ArrayHeap(E[] elements, Comparator<E> comparator)*** i klassen *ArrayHeap*.

```
public ArrayHeap(E[] elements, Comparator<E> comparator) {
    this.list = elements;
    size = list.length;
    comp = comparator;
    heapify();
}
```

Nu ska ***sort***-metoden ändras så att den nya konstruktorn används. På så sätt kan vi som andra argument ge ett *Comparator*-objekt som ordnar elementen avtagande. Och på så sätt kommer sorteringen bli växande.

```
public static <E> void sort(E[] arr) {
    ArrayHeap<E> heap = new ArrayHeap<E>(arr, new ReverseComparable<E>());
    for(int i=arr.length-1; i>0; i--)
        arr[i] = heap.delete();
}
```

Testa den nya versionen av sort-metoden. Hur ordnas objekten?
Studera därefter *sort*-metoden. På den första raden används ett objekt av typen *ReverseComparable* som argument. Studera klassen och kontrollera vad det är för värde som returneras i *compare*-metoden.

8. Klassen ***PriorityQueue*** är given. Klassen använder en *ArrayHeap* för att lagra elementen i kön. Elementen lagras inte direkt i heapen utan det är ***PriorityQueueElement***-objekt som lagras i heapen. Ett sådant objekt kan lagra ett element av typen E och har dessutom instansvariabeln *order* vilket anger ordningen som element placerats på heapen. Element med lägre värde i *order* placerades tidigare i heapen än element med högre värde.
Klassen har tre konstruktorer:
   - *public PriorityQueue()* och *public PriorityQueue(int initialCapacity)*
     Elementens prioritet ges av elementens *Comparable*-implementering. Om två element är lika så avgör *order* vilket element som ska vara först i heapen.
   - *public PriorityQueue(int initialCapacity, Comparator<E> comparator)*
     Elementens prioritet ges av parametern *comparator*. Om två element är lika så avgör *order* vilket element som ska vara först i heapen.

   Din uppgift är att färdigställa klassen ***PriorityQueue***, dvs. metoderna *insert*, *delete*, *peek*, *isEmpty* och *size*.

   När klassen är färdig kan du köra programmet *TestPriorityQueue*. main-metoden innehåller fyra exempel på konstruktion av ett PriorityQueue-objekt. Testa dem en åt gången.

9. Komplettera klassen BTNode med metoden ***collectPreorder*** vilken ska lägga till samtliga värde-objekt som lagras i trädet i en *ArrayList*. Metoden ska deklareras så här:
   public void collectPreorder(ArrayList<E> list)

   Till din hjälp har du metoden *printPreorder* i klassen *BTNode*. Men nu ska inte värdet skrivas ut utan placeras i *ArrayList*-objektet. Använd din egen *ArrayList* (P1 – *collections*). Om du inte har en egen *ArrayList* kan du importera *java.util.ArrayList*.

   Om du lägger till nedanstående rader sist i metoden ***exercise1*** i **Laboration11** ska du få utskriften: `102 74 63 100 110 108`

```
ArrayList<Integer> list = new ArrayList<Integer>();
tree.collectPreorder(list);
for(int i=0; i<list.size(); i++) {
    System.out.print(list.get(i) + " ");
}
```

10. Komplettera klassen BTNode med metoden ***collectLevelOrder*** vilken ska lägga till samtliga värden som lagras i trädet i en LinkedList. Metoden ska deklareras så här:
    public void collectLevelOrder(LinkedList<E> list).
    Använd din egen *LinkedList* (P1 – *collections*). Om du inte har en egen *LinkedList* kan du importera *java.util.LinkedList*.

    Om du testar metoden med trädet i *exercise1* ska du få utskriften:
    `102 74 110 63 100 108`

Extra

11. Interfacet Filter är givet:

```
public interface Filter<E> {
    public boolean accept( E element );
}
```

    Komplettera klassen BTNode med metoden
    public void collect(ArrayList<E> list, Filter<E> filter)
    vilken ska traversera hela trädet. Traverseringen ska ske *inorder*.
    Under traverseringen ska varje värde-objekt vara argument vid anrop till *accept*-metoden i *Filter*-implementeringen. Om *accept*-metoden returnerar *true* ska värde-objektet läggas till i *ArrayList*-objektet.

    Om du testar din lösning med nedanstående kod (se till att *IntervalFilter* finns i paketet laboration11) så ska du få utskriften: `63 74 100 102 108 110`
    Samtliga värden är ju i intervallet 0-130 och samlandet sker *inorder*.

```
ArrayList<Integer> list = new ArrayList<Integer>();
tree.collect(list, new IntervalFilter(0,130));
for(for(int i=0; i<list.size(); i++) {
    System.out.print(list.get(i) + " ");
}
```

    Om du ändrar argumenten när *IntervalFilter*-objektet skapas till 70 resp 102 kommer utskriften bli: `74 100 102`

12. Skriv en *Filter<Integer>*-implementering, ***EvenNumbers***, vilken returnerar *true* för alla *Integer*-objekt som är delbara med 2 (resten 0 vid division med 2).

13. Komplettera klassen *BTNode* med metoden
public ArrayList<E> collect(Filter<E> filter)
vilken ska fungera som metoden i uppgift 11 men returnera en ArrayList med de värde-objekt för vilka filter-metoden returnerar *true*.

14. Interfacet ***Iterator*** används ofta då en användare ska kunna traversera en datastruktur:

```
public interface Iterator<E> {
    public boolean hasNext();  // returnera true om det finns fler element att besöka
    public E next();   // returnerar referens till elementet som står på tur att besökas
    public void remove();       // tar bort aktuellt element ur datastrukturen. Din variant
                                //  ska kasta ett UnsupportedOperationException
}
```

Komplettera klassen BTNode med metoden
public Iterator<E> iterator(Filter<E> filter)
vilken ska samla de värde-objekt för vilka filter-metoden returnerar true i en Iterator-implementering.

En lösning: Skriv en klass vilken
* implementerar *Iterator<E>*
* tar en *ArrayList<E>* som argument vid konstruktion. Det är elementen i *ArrayList*-objektet som levereras med *next*-metoden.
Sedan använder du lösningen i Uppgift 13 kombinerat med denna klass i din lösning.

15. Komplettera klassen BTNode med metoden
public Iterator<E> iterator()
vilken ska returnera samtliga element i trädet i en Iterator-implementering

16. En klass vilken implementerar interfacet ***Iterable***:

```
public interface Iterable<E> {
    public Iterator<E> iterator()
}
```

kan användas tillsammans med den förenklade for-loopen. Klassen BTNode innehåller metoden *iterator* om du löst uppgift 15. Låt klassen BTNode implementera Iterable<E> och testa sedan den förenklade for-loopen i *exercise1*:

```
for(Integer nbr : tree) {
    System.out.print(nbr + " ");
}
```

Lösningar

Uppgift 4a

T.ex.

```
public void exercise4a() {
    BTNode<Integer> n7 = new BTNode<Integer>( new Integer(17), null, null );
    BTNode<Integer> n6 = new BTNode<Integer>( new Integer(36), null, null );
    BTNode<Integer> n5 = new BTNode<Integer>( new Integer(44), null, null );
    BTNode<Integer> n4 = new BTNode<Integer>( new Integer(15), null, n7 );
    BTNode<Integer> n3 = new BTNode<Integer>( new Integer(45), n5, null );
    BTNode<Integer> n2 = new BTNode<Integer>( new Integer(38), n6, n3 );
    BTNode<Integer> tree = new BTNode<Integer>( new Integer(27), n4, n2 );
}
```

Uppgift 4b

T.ex.

```
public void exercise4b() {
    BTNode<Character> n1 = new BTNode<Character>(new Character('D'),null,null);
    BTNode<Character> n2 = new BTNode<Character>(new Character('C'),null,n1);
    BTNode<Character> n3 = new BTNode<Character>(new Character('B'),null,n2);
    BTNode<Character> tree = new BTNode<Character>(new Character('A'),null,n3);
}
```

Uppgift 4c

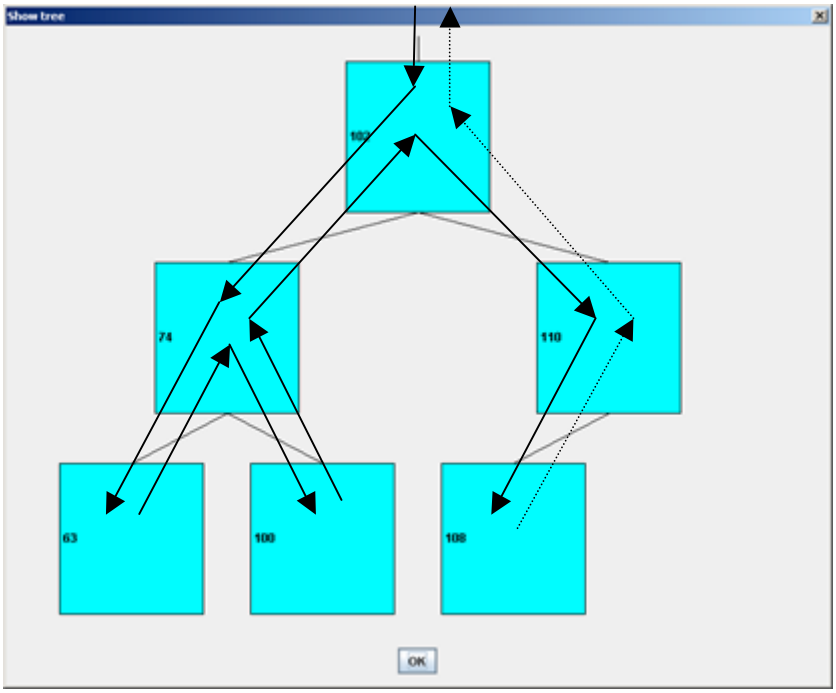
T.ex.

```
public void exercise4c() {
    BTNode<Character> n1 = new BTNode<Character>(new Character('F'),null,null);
    BTNode<Character> n2 = new BTNode<Character>(new Character('G'),null,null);
    BTNode<Character> n3 = new BTNode<Character>(new Character('E'),null,null);
    BTNode<Character> n4 = new BTNode<Character>(new Character('C'),null,null);
    BTNode<Character> n5 = new BTNode<Character>(new Character('D'),n1,n2);
    BTNode<Character> n6 = new BTNode<Character>(new Character('B'),n5,n3);
    BTNode<Character> tree = new BTNode<Character>(new Character('A'),n6,n4);
}
```

Uppgift 5

```
public BTNode<E> search(E value) {
    BTNode<E> node = null;
    if( value.equals(this.value))
        node = this;
    if( (node==null) && (this.left!=null) )
        node = this.left.search( value );
    if( (node==null) && (this.right!=null) )
        node = this.right.search( value );
    return node;
}
```

Uppgift 6



Uppgift 7b

```
public ArrayHeap(E[] list) {
    this.list = list;
    size = list.length;
    comp = new Comp();
    heapify();
}

private void heapify() {
    int parent = (size-2)/2; // last parent
    while(parent>=0) {
        siftDown(parent);
        parent--;
    }
}
```

Uppgift 7c

```
public static <E> void sort(E[] elements) {
    ArrayHeap<E> heap = new ArrayHeap<E>(elements);
    for(int i=elements.length-1; i>0; i--)
        elements[i] = heap.delete();
}
```

Uppgift 7d

```
public static <E> void sort(E[] arr) {
    ArrayHeap<E> heap = new ArrayHeap<E>(arr, new ReverseComparable<E>());
    for(int i=arr.length-1; i>0; i--)
        arr[i] = heap.delete();
}
```

Uppgift 8

```
public class PriorityQueue<E> implements Queue<E>{
    private ArrayHeap<PriorityQueueElement<E>> heap;

    public PriorityQueue() {
        this(20);
    }

    public PriorityQueue(int initialCapacity) {
        heap = new ArrayHeap<PriorityQueueElement<E>>(initialCapacity);
    }

    public PriorityQueue(int initialCapacity, Comparator<E> comparator) {
        heap = new ArrayHeap<PriorityQueueElement<E>>(initialCapacity, new
PriorityQueueComparator<E>(comparator));
    }

    // Lägg till ett PriorityQueueElement i heapen
    public void enqueue(E data) {
        heap.insert(new PriorityQueueElement<E>(data));
    }

    // Returnera elementet som lagras i PriorityQueueElement-objektet. Anropa
delete-metoden i ArrayHeap.
    public E dequeue() {
        return heap.delete().getElement();
    }

    // Returnera elementet som lagras i PriorityQueueElement-objektet. Anropa peek-
metoden i ArrayHeap.
    public E peek() {
        return heap.peek().getElement();
    }

    public boolean isEmpty() {
        return size()==0;
    }

    public int size() {
        return heap.size();
    }
}
```

Uppgift 9

```
public void collectPreorder(ArrayList<E> list) {
    list.add(this.value);
    if(this.left!=null)
        this.left.collectPreorder(list);
    if(this.right!=null)
        this.right.collectPreorder(list);
}

---------------- Alternativ lösning med Action-implementering -------

public void collectPreorder(ArrayList<E> list) {
    preorder( new AddToArrayList<E>( list ) );
}


public class AddToArrayList<E> implements BTNode.Action<E> {
    private ArrayList<E> list;

    public AddToArrayList(ArrayList<E> list) {
        this.list = list;
    }

    public void action(E value) {
        list.add(value);
    }
}

------ Alternativ lösning med anonym Action-implementering -------

public void collectPreorder(final ArrayList<E> list) {
    Action<E> a = new Action<E>() {
        public void action(E value) {
            list.add(value);
        }
    };
    preorder(a);
}
```

Uppgift 10

```
public void collectLevelOrder(LinkedList<E> list) {
    ListQueue<BTNode<E>> queue = new ListQueue<BTNode<E>>();
    BTNode<E> node;
    queue.enqueue(this);
    while(!queue.isEmpty()) {
        node = queue.dequeue();
        list.add(node.value);
        if(node.left!=null)
            queue.enqueue(node.left);
        if(node.right!=null)
            queue.enqueue(node.right);
    }
}
```

Uppgift 11a

```
public void collect( ArrayList<E> list, Filter<E> filter ) {
    if(this.left!=null) {
        this.left.collect(list, filter);
    }
    if(filter.accept(this.value)) {
        list.add(this.value);
    }
    if(this.right!=null) {
        this.right.collect(list, filter);
    }
}
```

Uppgift 12

```
public class EvenNumbers implements Filter<Integer> {
    public boolean accept(Integer element) {
        int nbr = element.intValue();
        return (nbr % 2) == 0;
    }
}
```

Uppgift 13

```
public ArrayList<E> collect( Filter<E> filter ) {
    ArrayList<E> list = new ArrayList<E>();
    collect(list,filter);
    return list;
}
```

Uppgift 14

```
import java.util.Iterator;

public class ArrayListIterator<E> implements Iterator<E> {
    private ArrayList<E> list;
    int index=0;

    public ArrayListIterator( ArrayList<E> list ) {
        this.list = list;
    }

    public boolean hasNext() {
        return index<list.size();
    }

    public E next() {
        return list.get(index++);
    }

    public void remove() {
        throw new UnsupportedOperationException();
    }
}

// I BTNode
public Iterator<E> iterator( Filter<E> filter ) {
    return new ArrayListIterator<E>(collect(filter));
}
```

Uppgift 15

```
public Iterator<E> iterator() {
    return new ArrayListIterator<E>( collect( new TrueFilter() ));
}

// Inre klass i BTNode
private class TrueFilter implements Filter<E> {
    public boolean accept(E value) {
        return true;
    }
}
```