Practicum OO – lente 2016 **Opgave 7**

1 Bomen: Quadtrees

Een *Quadtree* is een *recursieve datastructuur* waarmee speciale boom-objecten kunnen worden gerepresenteerd. Een boom is, net als een list, opgebouwd uit knopen, die *zelfverwijzend* (*self-referential*) kunnen zijn. Dit houdt in dat de klasse waarmee zo'n knoop gerepresenteerd wordt één of meerdere instantievariabelen bevat die verwijzen naar objecten uit dezelfde klasse. Voor Quadtrees geldt dat iedere interne knoop precies 4 zelfverwijzingen heeft, waarmee de opvolgers van zo'n knoop bereikt kunnen worden.

2 Leerdoelen

In deze opgave vragen we je om in Java een representatie voor Quadtrees te ontwerpen en te implementeren. Na afloop van deze opdracht ben je in staat om:

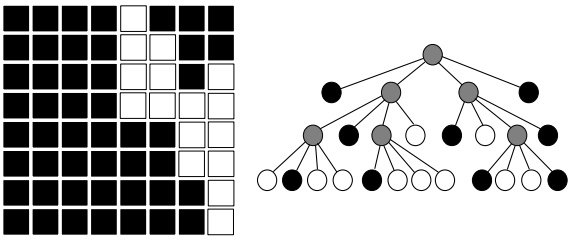
- Recursieve datastructuren te realiseren gebaseerd of zelfverwijzende klassen;
- conversies van en naar zo'n recursief datatype te implementeren gebruikmakende van recursie;
- een geschikt interface/geschikte abstracte klasse te introduceren als basis voor de representatie van de verschillende soorten knopen.
- elke concrete knoop te definiëren als uitbreiding van deze basisklasse.

3 Instructie

Bestudeer allereerst de onderdelen uit hoofdstuk 21 van het boek die tijdens het college zijn besproken en de dia's over dit onderwerp. Maak eerst een ontwerp op papier waarin van iedere klasse is aangegeven welke methodes deze bevat.

4 Probleemschets

Quadtrees kunnen gebruikt worden om tweedimensionale plaatjes compact op te slaan. Hierbij wordt uitgegaan van een vierkant plaatje van $N \times N$ pixels. Gemakshalve nemen we aan dat N een tweemacht is. Bovendien bekijken we alleen zwart-wit plaatjes, waarbij dus iedere pixel zwart of wit is. Het idee van het compact opslaan berust op de volgende recursieve procedure: Het $N \times N$ plaatje wordt allereerst opgedeeld in 4 kwadranten ieder met grootte $\frac{N}{2} \times \frac{N}{2}$. Deze worden volgens recursief gecomprimeerd tot 4 Quadtrees. Deze 4 onderbomen vormen de 4 kinderen van de (interne) knoop, waarmee het gehele plaatje wordt gerepresenteerd. Het recursieve proces stopt natuurlijk zodra je bij een vierkant bent aanbeland van grootte 1. Voor de representatie van zo'n pixel gebruiken we twee soorten bladeren: één voor de witte en één voor de zwarte pixels. De werkelijke compressie gebeurt op het moment dat je de 4 onderbomen combineert tot een nieuwe boom. Als namelijk alle vier de onderbomen bladeren van dezelfde kleur zijn, dan wordt de gehele boom ook als één blad van die kleur gerepresenteerd. Op deze manier kun je complete vierkante vlakken (oftewel aangrenzende pixels van dezelfde kleur) door één enkele knoop representeren. We bekijken deze procedure aan de hand van een voorbeeld:



Links zien we een zwart-wit plaatje, waarbij $N = 8$ en rechts de representatie gebaseerd op Quadtrees. Zoals hierboven is aangegeven, wordt bij de conversie van het plaatje naar een Quadtree dit plaatje allereerst opgesplitst in 4 deelplaatjes van grootte 4. We nummeren deze met de klok mee waarbij we steeds linksboven beginnen. Elk van die 4 plaatjes wordt weer opgedeeld net zolang tot we bij de individuele pixels zijn aanbeland. Na het converteren van onderbomen wordt steeds gecontroleerd of in plaats van een interne knoop een blad gebruikt kan worden. In dit voorbeeld, blijkt dit op verschillende plaatsen mogelijk te zijn, bijvoorbeeld voor de 4 bij 4 vlakken linksboven en linksonder, die geheel zwart zijn. Ook in de rechterhelft van het plaatje komen we voorbeelden hiervan tegen: rechtsboven bevindt zich een wit en een zwart 2 bij 2 vlak; rechtsonder een wit en twee zwarte 2 bij 2 vlakken. In de boom zie je de 4 bij 4 vlakken terug als de twee zwarte bladeren van de wortel. Ga zelf na hoe de rest van de boom is ontstaan.

5 Implementatie

Voor de representatie van plaatjes maken we gebruik van de klasse `Bitmap`:

```
public class Bitmap {
    // each bit is stored in a two dimensional array named raster
    private final boolean[ ][ ] raster;
    private final int bmWidth, bmHeight;

    /**
     * Creates an empty bitmap of size width * height
     * @param width
     * @param height
     */
    public Bitmap( int width, int height ) {
        raster   = new boolean[width][height];
        bmWidth  = width;
        bmHeight = height;
    }
}
```

Deze klasse bevat ook methodes om een bit op te vragen of te veranderen, een methode genaamd `fillArea` die een compleet vlak met een opgegeven waarde vult alsook een methode om een `Bitmap` om te zetten in een `String`. Deze methodes worden om ruimte te sparen hier niet getoond. Neem aan dat we voor wit de waarde **true** en voor zwart de waarde **false** gebruiken.

Voor het representeren van knopen gebruiken we het volgende interface.

```
public interface QTNode {
    public void fillBitmap( int x, int y, int width, Bitmap bitmap );
    public void writeNode( Writer out );
}
```

Voor de daadwerkelijke knopen maken we drie implementaties van dit interface: `GreyNode` voor de interne knopen, `BlackLeaf` voor de zwarte en `WhiteLeaf` voor de witte bladeren. De abstracte methode `fillBitmap` vult de meegegeven bitmap conform de structuur van de boom.

Naast deze drie uitbreidingen dien je ook nog een *wrapper* klasse `QTree` te introduceren waarmee Quadtrees van 'buitenaf' benaderd kunnen worden. Deze verbergt de interne representatie (d.m.v. gelinkte knopen) van zo'n boom.

```
public class QTree {
    private QTNode root;

    public QTree( Reader input ) {
        root = readQTree( input );
    }

    public QTree( Bitmap bitmap ) {
        root = bitmap2QTree( 0, 0,  bitmap.getWidth(), bitmap );
    }

    public void writeQTree( Writer out ) {
        root.writeNode( out );
    }

    public void fillBitmap ( Bitmap bitmap ) {
        root.fillBitmap(0, 0, bitmap.getWidth(), bitmap);
    }

}
```

Zoals je ziet bevat deze klasse twee constructoren: Met de eerste wordt een boom gebouwd die in de vorm van een `Reader` wordt aangeleverd. Bij de tweede constructor wordt de boom op de eerder aangegeven wijze uit een bitmap geconstrueerd. Met de twee andere methodes gebeurt het tegenovergestelde: `writeQTree` schrijft de boom weg naar een `Writer` en `fillBitmap` vult de meegegeven `Bitmap` overeenkomstig de structuur van de boom. `Reader` en `Writer` zijn in Java voorgedefinieerde klassen voor het lezen uit en schrijven naar character streams; zie ook de standaard Java API.

Wegschrijven en inlezen

Met de methode `writeNode` wordt de knoopstructuur als bitreeks weggeschreven. Dit wegschrijven gebeurt door middel van een *pre-order traversal*. Iedere interne knoop wordt door een '1' weergegeven en een blad door een '0'. Daarna volgen in geval van een interne knoop de representaties van de 4 onderbomen. Hebben we te maken met een blad dan schrijven we een '0' voor een zwarte en een '1' voor een witte knoop. Ga na dat dit voor de gegeven boom de reeks

"10011010001010010001010101100011000101000000"

oplevert. Het inlezen gebeurt op identieke wijze: komen we een '1' tegen dan volgt daarna meteen de inhoud van een interne knoop. Komen we een '0' tegen dan volgt een blad waarbij het eerstvolgende bit de kleur van dit blad bepaalt.

Conversies

In totaal hebben we 3 verschillende mogelijkheden om een plaatje te representeren: (1) als bitmap, (2) als Quadtree en (3) als een reeks van enen en nullen. In totaal dien je 4 directe conversies tussen deze representaties te implementeren, namelijk van (1) naar (2) en terug en van (2) naar (3) en terug.

6 Hulpbestanden

Alle codefragmenten die in deze opdracht getoond worden, zijn ook terug te vinden op Blackboard in de vorm van een aantal klassedefinities. Je mag deze voor je eigen uitwerking gebruiken mits je ze daar waar nodig op de juiste wijze van commentaar voorziet.

7 Producten

Als producten moeten alle `.java` bestanden ingeleverd worden. Zorg dat wat je inlevert tenminste compileerbaar is, anders wordt het sowieso niet als serieuze inleverpoging beschouwd.

8 Inleveren van je producten

Vóór zondag 20 maart, 23:59 uur, via Blackboard. Vergeet niet de naam en studentnummer zowel van jezelf als van je partner op te nemen.