# Totetutusdokumentti

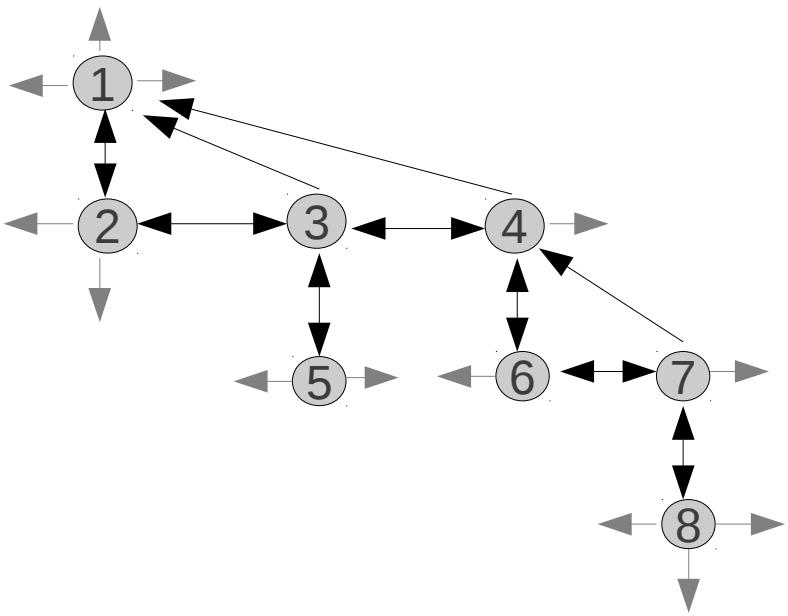
Riikka Huusari

Ohjelman yleisrakenne

Jokainen keko on oma luokkansa, ja sen lisäksi keot toteuttavat erilaisia rajapintoja. Jokainen keko toteuttaa rajapinnan Keko, jota käytetään kekojärjestämisessä. Binäärikeko ja darykeko toteuttavat rajapinnan SolmutonKeko, ja Binomikeko sekä Fibonaccikeko toteuttavat rajapinnan SolmullinenKeko. Näiden rajapintojen kautta toimii Dijkstra.

Binäärikeko on, kuten tirassakin, tavallinen int-tyyppinen lista, ja pointteri heapSize, joka kertoo keon koon. Dijkstraa varten keossa on myös toinen int-tyyppinen lista, node, josta löytyvät verkon solmut. Rajapinnan SolmullinenKeko operaatiot päivittävät myös tätä listaa. Rajapinnan Keko metodit eivät sitä käytä. D-ary -keko on rakenteeltaan samanlainen kuin binäärikekokin.

Loput keot muodostuvat Solmuista. Jokaisella Solmulla on pointteri edelliseen ja seuraavaan solmuun, kuten myös lapseen ja vanhempaan (tosin yleensä ainakin yksi näistä on null). Binomikeko ja Fibonaccikeko ovat siis linkitettyjä listoja. Molemmilla on Solmu keko, pointteri ensimmäiseen alkioon. Fibonaccikeossa on lisäksi suoraan pointteri minimiin. Luokassa Solmu on ominaisuus marked, jota Binomikeko ei käytä, se on osa Fibonaccikekoa ja sen decreaseKey -metodia jossa sitä käytetään pitämään kekoa matalana. Luokassa solmu on myös ominaisuus node, jota käytetään Dijkstran algoritmin kanssa. Seuraavana havainnekuva siitä, miten solmut on linkitetty toisiinsa Binomikeossa (ja Fibonaccikeossa). Harmaat nuolet osoittavat null:iin.



O-analyysi

**D-ary -keko** ja **binäärikeko** ovat hyvin samanlaisia. Jälkimmäinen saadaan edellisestä asettamalla lapsien lukumäärän kahdeksi. Seuraavaksi käyn läpi d-ary -keon aika- ja tilavaativuudet. Binäärikeko tulee hoidettua siinä sivussa, sillä sen olen toteuttanut samalla tavalla. n tarkoittaa keon kokoa, ja d solmun lapsien lukumäärää.

Tilavaativuus:

Tallennan kekoni int-tyyppiseen taulukkoon, joka on aluksi pituudeltaan 20. Taulukko kasvaa keon mukana, ja on pahimmillaan kaksinkertainen keon kokoon nähden. Tilavaativuus on siis luokkaa O(n), missä n on keko suurimmillaan. Keon koon ilmaiseva muuttuja ei tähän vaikuta, ja kun nodetaulukko on mukana, tilavaativuus on kaksinkertainen edelliseen nähden; se ei myöskään vaikuta vaativuusluokkaan.

Operaatioiden aikavaativuudet:

Apumetodi heapifyWithNode:

```
  heapifyWithNode(int key, boolean onNode) {
1       for (key has lapsi l) {
2           lapset.add(l);
3       }
4       indeksi = etsiPienin(lapset);
5       if (indeksi != -1 && keko[indeksi] < keko[key]){
6           vaihda(keko[indeksi],keko[key]);
7           if (onNode) {
8               vaihda(node[indeksi],node[key]);
9               heapifyWithNode(indeksi, true);
10          } else {
11              heapifyWithNode(indeksi, false);
12          }
13      }
```

Metodi etsiPienin käy kaikki lapset läpi ja palauttaa pienimmän indeksin. Metodin alussa käydään siis solmun lapset, joita on d kappaletta, läpi kaksi kertaa. Seuraavaksi, jos pienimmän lapsen arvo on pienempi kuin nykyisen solmun arvo, niiden paikkoja vaihdetaan ja kutsutaan metodia uudestaan. Tätä tapahtuu korkeintaan keon korkeuden verran, ja keon korkeus on log n/log d. Siispä koko operaation aikavaativuudeksi tulee O(d * (log n/log d) ). Taaskaan nodetaulukko ei vaikuta aikavaativuusluokkaan.

findMin:
Tämä tapahtuu vakioajassa, sillä pienin alkio on aina keon huipulla.

deleteMin:
Tässä metodissa vaihdetaan ensin (vakioajassa) keon ensimmäisen ja viimeisen alkion paikat, pienennetään keon kokoa, ja kutsutaan heapify:tä. Siispä O(d * (log n/log d) ).

decreaseKey:
Tämä metodi toimii kuten heapify siinä mielessä että se vaihtaa lapsen ja vanhemman arvot niin kauan kunnes kekoehto ei ole enää rikki. Sen ei tarvitse kuitenkaan etsiä oikeaa kohtaa josta se vaihtaisi arvon; solmulla on vain yksi vanhempi. Siispä aikavaativuus on vain O(log n/log d).

insert:
Insert kasvattaa taulukon kaksinkertaiseksi jos se täyttyy. Tämä operaatio tapahtuu kuitenkin hyvin harvoin, joten sen vaikutus käytännössä tasoittuu olemattomiin. Itse insert tapahtuu kasvattamalla muuttujaa heapSize ja asettamalla keon viimeiseksi uuden arvon. Tämän jälkeen kekoehto korjataan kuten metodissa decreaseKey. Siispä aikavaativuusjälleen O(log n/log d).

**Fibonaccikeossa** tilavaativuus riippuu täysin keon solmujen lukumäärästä, sillä keko muodostetaan linkitettynä listana solmuja ja niitä ei ole koskaan ylimääräisiä. (Java huolehtii roskista.)
Tilavaativuus on siis luokkaa O(n).

Aikavaativuudet:

findMin:
Tämä hoituu vakioajassa, sillä minulla on pointteri pienimpään solmuun.

insert:

```
  insert(Solmu s) {
1         if (keko == null) {
2             keko = s;
3             min = s;
4         } else {
5             keko.setSeuraava(s);
6            //päivitetään muutkin pointterit
7             if (s.getArvo() < min.getArvo()) {
8                 min = s;
9             }
10        }
11        solmuja++;
12    }
```

Selvästi nähdään, että lisäys tapahtuu vakioajassa.

DeleteMin
Tämä operaatio toimii kolmessa osassa: ensin poistetaan minimialkio ja lisätään sen lapset listaan. Minimialkio löydetään vakioajassa. Tämän jälkeen lisätään lapset listaan, ja joudutaan käymään kaikki lapset läpi jotta pointterit voidaan päivittää. Tämä vaihe kestää siis O(d)=O(log n).

Seuraavaksi yhdistetään keon puut niin, ettei tämän jälkeen ole kahta samanasteista puuta. Apurakenteena on Solmu-taulukko, jossa on linkit indeksin asteisiin solmuihin. Jokainen keon alkio käydään läpi ja tarvittaessa yhdistetään se samanasteisen jo löydetyn alkion kanssa ja lisätään uudestaan läpikäytäviin solmuihin. Jos juurisolmuja on ennen operaatiota m kappaletta, kestää tämä vaihe O(log n +m). Tasoitetulla analyysillä kuitenkin saadaan tämä vaihe tippumaan O(log n):n.

Viimeisenä päivitetään minimi-pointteri, eli käydään kaikki juurisolmut läpi. Tämä kestää O(log n), sillä keko on juuri tiivistetty ja juurisolmuja on korkeintaan tuo log n.

Kaikenkaikkiaan operaation aikavaativuus on O(log n).

decreaseKey

```
 decreaseKey(Solmu s, int d) {
1         if (d < s.getArvo() && d > 0) {
2             s.setArvo(d);
3             //jos kekoehto rikkoutuu
4             if (s.getParent() != null && s.getParent().getArvo() > d) {
```

```
5                //irroitetaan solmu vanhemmastaan ja lisätään kekoon
6                Solmu p = leikkaaJaLiita(s);
7                //jos parent ei ole merkattu, se merkataan. jos se on
8                //merkattu, sekin leikataan pois
9                boolean jatkuu = true;
10               while (p != null && jatkuu) {
11                   if (p.getParent() == null) {
12                       jatkuu = false;
13                   } else if (p.eiOleMerkitty) {
14                       p.mark();
15                       jatkuu = false;
16                   } else if (p.onMerkitty) {
17                       p = leikkaaJaLiita(p);
18                   }
19               }
20           }
```

Puutteet ja parannusehdotukset

Solmulliset keot tuntuvat käytännössä toimivan todella hitaasti, varsinkin fibonaccikeko. Näille keoille löytyisi varmasti jokin nopeammin toimiva toteutustapa.