D- ja Erlang-kielten tunnukset sekä kontrollirakenteet

Hansi Keijonen, Jari Koskinen, Eero Laine

6. helmikuuta 2013

1 Tunnusten näkyvyysalueet ja sidonta

D-kielessä lohkot rajataan merkein { }, ja ne voivat koostua lausekkeista [DLA13]. Lohkot sidotaan lausekkeeseen, luokkaan tai funktioon. Lohkolla voidaan ilmaista myös nimetön näkyvyysalue, jos sitä ei ole sidottu funktioon, luokkaan tai lausekkeeseen. Lohkon sisältä on näkyvyys lohkon ulkopuolelle, mutta ulkopuolelta ei ole näkyvyyttä lohkon sisälle. Luokkien ja niiden tietueiden näkyvyys voidaan kuitenkin sallia ulkopuolelle [DLA13].

Tunnusten sidonta D-kielessä tehdään staattisesti käännösaikana [DLA13]. Lohkon sisällä ei voida suoraan esitellä uudelleen ulompien tasojen näkyviä muuttujia, mutta funktioiden ja tietuiden sisällä tämä on sallittua [DLA13].

Lohkorakenne voi olla D-kielessä hyvinkin syvä, sillä se sallii funktion sijoittamisen toisen funktion sisälle. Samoja muuttujia on mahdollista esitellä sisemmissä funktioissa uudelleen. Muuttujan voi määritellä kuitenkin vain sisemmässä funktiossa, esimerkiksi sisäkkäiset for-loopit vaativat kukin omat muuttujansa. Alla on esimerkki tällaisesta funktioiden sisäkkäin sijoittelusta, jossa muuttuja määritetään uudelleen:

```
int i=0;

int uloin() {
    for(int i=0; i<5; i++) {
        int sisin() {
            int j=i;
                for(int i=j;i<5; i++) {
                    writeln("s: ",i);
                }
            return i;
            }
        writeln("u: ", i);
        sisin();
    }
return i;
}
```

Erlang on litteä kieli, siinä voi olla lohkoja vain yhdellä tasolla. Erlang-kielen määrittely ei varsinaisesti esittele lohkosääntöjä [ERL99].

Erlangissa lohkorakenne on toteutettu funktioita sisältävillä moduuleilla [HEB13]. Moduuli määritellään '-module(moduulin_nimi)' -ilmauksella moduulin ensimmäisellä rivillä. Seuraavaksi 'export'-lauseella ilmaistaan, mitkä funktiot ovat kutsuttavissa ohjelman ulkopuolelta. Funktio määritellään sen nimellä ja sulkeissa olevilla parametreilla. Funktio alkaa sen nimestä, sisältää lausekkeita ja päättyy pisteeseen. Erlangissa piste on lauseen tai funktion päättävä merkki. Alla on esimerkki funktiosta:

```
-module(heippa).
-export([heippa/0]).
    heippa() ->
    io:format("Heippa, mualima!~n").
```

D-kielessä sidonta tehdään staattisesti käännösaikana. Erlangissa sidonta on dynaaminen ja muuttujalle voidaan asettaa arvo vain kerran. D-kielessä muuttujan tilaa voidaan muuttaa suorituksen aikana.

Kaikki D-kielen muuttujat kuuluvat ns. ensimmäiseen luokkaan [DLA13]. Muuttujia voidaan välittää parametrina, niihin voidaan sijoittaa arvoja ja palauttaa funktion arvona. Kieli sallii myös funktioliteraalien sijoittamisen funktiokutsun parametriksi.

```
void loop(int k, int j, void delegate() statement) {
  for (int i = k; i < j; i++) {
    statement();
  }

loop(5, 100, { d += 1; } );
loop(3, 10, { f += 3; } );
```

D-kielessä sidonta tehdään staattisesti käännösaikana. Erlangissa sidonta sitä vastoin on dynaaminen. Erlangissa kaiki tyypit (arvot) ovat toisen asteen arvoja, koska niitä voidaan asettaa muuttujien arvoiksi ja välittää parametreina funktioille. Myös lambdat kuuluvat tähän kategoriaan [HEB13].

2 Kontrollin ja laskennan ohjaus - Erlang

Jotta voidaan ymmärtää Erlangin kontrollirakenteita, pitää ensimmäisenä selvittää hahmontunnistuksen mekanismi. Hahmontunnistus perustuu siihen, että funktioon määritellään useita funktiokutsuja siten, että jokaisessa kutsussa parametrit ovat lukumäärältään samat, mutta ovat arvoiltaan erilaiset. Ts. kun funktiota kutsutaan tietyllä parametrilla, käydään järjestyksessä läpi eri funktion kutsuvaihtoehdot ja ensimmäisen parametreihin sopivan kutsuvaihtoehdon löytyessä toimitaan sen määrityksen mukaan. Helpoimmin asia selviää esimerkin avulla [HEB13]:

```
1: tervehdi(mies, Nimi) -> io:format("Terppa, herra %s!",[Nimi]);
2: tervehdi(nainen,Nimi) -> io:format("Terppa, rouva %s!",[Nimi]);
3: tervehdi(_,Nimi) -> io:format("Terppa %s!",[Nimi]) .
```

Kutsuttaessa tervehdi-funktiota tervehdi (nainen,"Tuppurainen"), tutkitaan ensiksi, sopivatko parametrit rivin 1 parametrisointivaihtoehtoon. Koska parametrit olivat epäsopivat, yritetään kutsua sovittaa rivin kaksi parametrisointivaihtoehtoon. Tällä kertaa parametrit sopivat, ja ohjelma tu-

lostaa "Terppa, rouva Tuppurainen!". Jos funktiota olisi kutsuttu tervehdi(hermafrodiitti, "Höttölä"), olisivat vasta rivin 3 parametrit osuneet oikeaan, ja silloin olisi toimittu tämän rivin määritysten mukaan. Rivin 3 toinen parametri on universaalimerkki, johon voi sovittaa minkä tahansa arvon.

Valintojen tekemiseen Erlangissa on edellä mainitun hahmonsovituksen lisäksi mahdollista käyttää if-lauseita, guardeja sekä in case of -rakennetta [HEB13].

Erlangissa if-rakenne ilmaistaan hieman esimerkiksi Javasta ja D:stä poikkeavalla tavalla, jota valotan seuraavassa esimerkissä.

```
1: vertaa(N,M) ->
2:     if N>M -> 1;
3:     if N<M -> -1;
4:     true -> 0
5:     end .
```

Esimerkkifunktiossa siis verrataan kahta lukua ja toimitaan sen mukaan, mikä on vertailun tulos. Riveillä 2 ja 3 tutkitaan ovatko N ja M erisuuruiset, mutta rivillä 4 on hieman erikoiselta vaikuttava true, joka vastaa esimerkiksi D:n else:ä. Koko if-rakenne päätetään end-sanaan ja pisteeseen.

Guardit ovat Erlangin erikoisuus, joka on tuttu myös Haskellista. Guardit ovat keino tehdä hahmonsovituksesta hieman ilmaisuvoimaisempaa [HEB13]. Sen sijaan, että täysi-ikäisyyden osoittava ohjelma toteutettaisiin näin:

```
taysi_ika(1) -> false;
taysi_ika(2) -> false;
taysi_ika(3) -> false;
.
.
.
taysi_ika(16) -> false;
taysi_ika(17) -> false;
taysi_ika(_) -> true;
```

, toteutetaan iän tarkastaminen guardilla

```
taysi_ika(N) when N < 18 -> false;
taysi_ika(_) -> true .
```

Tällä tavoin voidaan jättää kirjoittamatta useita funktiokutsuvaihtoehtoja. On tärkeää muistaa, että guard-rakenteen tulee aina palauttaa true jollain vaihtoehdolla, tai kääntäjä ilmoittaa virheestä.

Erlangissa on myös case... of -rakenne, joka mahdollistaa monipuoliset valintarakenteet, joihin voidaan yhdistää myös guardeja. Esimerkki selventää rakennetta helpoiten:

```
biitsi(Lampotila) ->
   case Lampotila of
        {calsius, N} when N >= 20, N =< 45 -> 'ihan jees';
        {kelvin, N}  when N >= 293, N =< 318 -> 'tieteellisesti jees';
        {fahrenheit, N}  when N >= 68, N =< 113 -> 'amerikkalaisittain jees';
         _ -> 'ei niin jees'
```

Ohjelma siis saa parametrinaan tuplen, jossa on lämpötila-asteikko ja astemäärä. Sen jälkeen case... of -rakenteessa tutkitaan, minkä periaatteen mukaisesti astemäärää tutkitaan. Lopulta guardin avulla päätetään, onko parametrina saatu lämpötila sopiva rantaelämään. Mielenkiintoinen kysymys on se, että mihin case... of -rakennetta tarvitaan, koska se on hyvin samanlainen funktiokutsujen hahmonsovituksen kanssa. Valinta kannattaa perustaa henkilökohtaisiin mieltymyksiin [HEB13].

Erlangissa toistoa ja rekursiota ei voi erottaa toisistaan, koska rekursio on ainoa tapa suorittaa toistorakenteita. Erlangissa ei ole siis for- tai while -lauseita esimerkiksi D:n tai Javan tapaan. Listan läpikäynti Erlangissa perustuu siihen kielen ominaisuuteen, että esimerkiksi kokonaislukuja sisältävä lista [1,2,3,4] voidaan ilmoittaa myös konstruktorioperaattoria '|' käyttäen [1|[2,3,4]], eli luku 1 liitetään listaan [2,3,4]. Lista voidaan ilmoittaa myös head- ja tail-funktioita käyttäen [Head|Tail] = [1,2,3,4] jolloin Head = 1 ja Tail = [2,3,4]. Jos halutaan käydä lista läpi yksinkertaisesti siten, että laskemme jokaisen listan alkion yhteen, voidaan se Erlangissa tehdä esim. seuraavalla tavalla:

```
1. summa([]) -> 0;
2. summa(Lista) -> head + summa(Tail) .
```

Tässä funktiossa siis hahmonsovituksen avulla toteutetaan rekursiivinen listan läpikäynti. Rivillä 1 on toteutettu alkeistapaus, jossa lista on tyhjä ja jolloin alkioiden summa on 0. Rivillä kaksi summataan listan ensimmäinen alkio (Head) loppulistan (Tail) alkioiden summan kanssa. Tällä tavoin voidaaan tehdä monipuolisia listan läpikäyntejä.

Rekursio on Erlangissa hyvin tavanomainen tapa tehdä asioita, semminkin kun muita toistorakenteita ei ole. Perinteinen rekursiolla tehtävä funktio on kertoma n!, joka voidaan ilmaista yhtälöparilla

$$n! = \begin{cases} 1 & \text{jos n=0} \\ n * ((n-1)!) & \text{jos n>0} \end{cases}$$

Tämä on on helposti ja ulkoasultaan elegantisti toteutettavissa Erlangilla hahmonsovitusta ja rekursiota hyväksikäyttäen:

```
1. kertoma(0) -> 1;
2. kertoma(N) when N > 0 -> N*(kertoma(N-1)) .
```

Jälleen aluksi tarkistetaan alkeistapaus, joka on tässä tapauksessa luvun 0 kertoma ja jos tämä rivi ei ota kiinni, suoritetaan seuraavan rivin rekursiivinen kutsu, jossa parametrilla N kerrotaan rekursiivisesti kutsuttavan kertoma(N-1) tulos. Kun rekursiokutsut saavuttavat tapauksen kertoma(0), palautuu tulos pitkin kutsuketjua alkuun. Tämän lähestymistavan huono puoli on se, että tietokoneen muistissa joudutaan pitämään koko ajan jokaisen kutsun 'välitulos'ja muistin riittävyys saattaa muodostua ongelmaksi.

Tämän ongelman voi ohittaa häntärekursiolla. Häntärekursiivinen kertomafunktio toteutetaan toteutamalla myös apufunktio hantakertoma(N,Acc) johon otetaan mukaan vielä toinen parametri Acc, johon tallennetaan laskennan välivaiheiden tulokset:

```
1. kertoma(N) -> hantakertoma(N,1) .
2.
3. hantakertoma (0,Acc) -> Acc;
4. hantakertoma(N,Acc) when N > 0 -> hantakertoma(N-1, Acc*N) .
```

Tässä tapauksessa joudumme pitämään ainoastaan kaksi lukua muistissa koko laskennan ajan kun normaalissa rekursiossa joudumme pitämään kaikki rekursiokutsuketjun välivaiheet muistissa. Jos unohdetaan se, kuinka paljon luvun 3 ja 1000 000 esittäminen kuluttaa muistia, kertoma(3) ja kertoma(1000000) vaativat saman vakiomäärän muistia.

3 Kontrollin ja laskennan ohjaus - D

3.1 Valinta

If-lause on toteutettu D:ssä melko tyypillisellä tavalla:

```
if (a==b) {
   writeln("A ja B ovat samoja.");
}
else {
   writeln("A ja B eivät ole samoja.");
}
```

Toisin kuin muilla kielillä, D:llä ei ole "tyhjän lauseen" (empty statement) konstruktiota. Koodinpätkä

```
if (a == b);
```

ei siis ole D:n hyväksymää. Sen sijaan tulisi kirjoittaa

```
if (a == b) {}
```

Else-lause on aina sidottu lähimpään if-lauseeseen. Esimerkiksi:

```
if (a == b)
   if (b == c)
      writeln("B ja C ovat samoja.");
   else
      writeln("B ja C eivät ole samoja.");
```

Useat laskeutuvat (cascading) if-else -lauseet toteutetaan kuten C-kielessä.

D:n static if -lause on C-kielen #if-rakennetta muistuttava kääntämisajan (compile-time) selektori [ALE10]. Tullessaan static if -lauseen kohdalle kääntäjä arvioi ohjaavan lausekkeen. Jos lauseke ei ole tyhjä, vastaava koodi käännetään. Muussa tapauksessa ainoastaan mahdollisen else-lause käännetään.

Static if -lauseen testaama lauseke voi olla mikä vain if-testattava lauseke, jota voidaan arvioida kääntämisen aikana. Mahdollisia lausekkeisiin kuuluvat myös funktiokutsut.

Goto-lause toimii D:ssa allaolevalla tavalla:

```
goto <nimi>;
```

D:ssa goto-lauseen käyttöön ei liity paljoa rajoituksia, mikä D:n pääkehittäjä Andrei Alexandrescun mukaan tekee gotosta ongelmallisen työkalun [ALE10]. Goto voi hypätä eteen- tai taaksepäin ja sisään ja ulos lauseista. Symbolin <nimi> tulee kuitenkin olla näkyvissä funktiossa, missä gotoa kutsutaan.

3.2 Toisto

While- ja do-while -lauseet ovat hyvin samankaltaisia, kuin vaikkapa Javakielessä.

```
while (i => 0)
   --i;
```

Kuten Javassa, koodin suoritus alkaa arvioimalla while-ehtoa. Jos lauseke ei ole tyhjä, silmukan sisällä olevaa lause suoritetaan, ja silmukka alkaa uudestaan while-ehdon arvionnilla. Do - while -lauseessa vastaava lauseke suoritetaan heti kerran ennen while-ehdon tarkastelua. Allaolevassa esimerkissä näkyy myös D:ssä pakollinen puolipiste lauseen lopussa.

```
do (--i) while (i => 0);
```

For-lause on edelleen samankaltainen kuin Javassa.

```
for (int i = 0; i < 10; i++)
   teeJotain(i);
```

Listarakenteiden käsittelyyn foreach-lauseesta on olemassa allaoleva muoto:

```
foreach(kappale ; joukko) {
   teeJotain(kappale);
}
```

Foreach-lause toimii siis kuten esimerkiksi Java-kielessä. Kappaleen viite sidotaan vuorotellen jokaiseen joukko-listan elementtiin, ja teeJotain() -metodi suoritetaan jokaisen elementin kohdalla.

3.3 Rekursio

Rekursio toimii D:ssä kuten Java-kielessä. Allaolevassa esimerkissä lasketaan kokonaisluvun kertoma rekursion avulla.

```
int kertoma(int n) {
  if(n<2) {
    return 1;
  }
  else
  {
    return n * kertoma(n-1);
  }
}
```

Main-metodissa suoritetaan kertoma-metodi, jolle annetaan parametriksi kokonaisluku n. Kertoma-metodi palauttaa luvun yksi, jos n on yksi, muuten kutsutaan rekursiivisesti kertoma-metodia. Lukua siis kerrotaan itseään yhtä pienemmän luvun kertomalla, kunnes päästään lukuun 1.

Häntärekursiolla toteutettuna metodi näyttää tältä:

```
int kertoma(int n, int sum) {
  if(n==0)
    return sum;
  else
    kertoma(n-1, sum * n);
}
```

Nyt yhden kertoma-metodin suoritus loppuu toisen alkaessa, ja kertoma-metodi pitää kertoman tuloa mukanaan. Viimeiseksi suoritettu kertoma-metodi palauttaa loppusumman.

Viitteet

[ERL99] Erlang 4.7.3 Reference Manual, DRAFT (0.7), Jonas Barklund, Robert Virding, 1999.

[DLA13] http://dlang.org, noudettu 6.2.2013.

[HEB13] Learn You Some Erlang For Great Good, Fred Hébert, 2013.

[ALE10] The D Programming Language, Andrei Alexandrescu, 2010.