

# D- ja Erlang-kielten datan kapselointi

Hansi Keijonen, Jari Koskinen, Eero Laine

20. helmikuuta 2013

# 1 Jarin osuus

## 1.1 Rakenteiset tyypit

Alkeistyypeistä voidaan muodostaa taulukoita, joita on kahdenlaisia. Yksi taulukoista on yleinen perustapaus array, jollainen löytyy myös C/C++-kielistä [KRR88]. Taulukon alkioihin voidaan viitata indeksin avulla.

```
int[] lukuja;  
lukuja[11] = 13;
```

Toinen taulukkomuoto on avaimen ja arvon sisältävä pari, associative array. Taulukon alkio sisältää arvon ja siihen viittaava indeksi voi olla esimerkiksi merkkijono:

```
int[string] kuukausi;  
  
kuukausi["tammikuu"] = 1;  
kuukausi["helmikuu"] = 2;  
  
writeln("Tammikuu=", kuukausi["tammikuu"]);
```

Koodi tulostaa:

Tammikuu=1

Lisäksi taulukko voidaan jättää dynaamiseksi, määrittämällä sen pituudeksi [], jolloin sille voidaan osoittaa jokin olemassa oleva taulukko myöhemmin koodissa.

Alkeistyypeistä voidaan myös muodostaa tietueet struct tai union. Molemmat vastaavat C/C++-kielen vastaavia rakenteita [KRR88] ja ovat arvotyyppisiä [DLA13]. Struct määritellään, ja sitä käytetään seuraavasti:

```
struct palkansaaja{  
    int palkka;  
    string titteli;  
}  
  
void main() {  
    palkansaaja[5] palkolliset;  
    palkolliset[1].palkka = 4500;  
    palkolliset[1].titteli = "ohjelmoiija";  
  
    write(palkolliset[1].titteli, " tienaa ");  
    writeln(palkolliset[1].palkka, " kuukaudessa");  
}
```

Union eroaa structista siten, että muuttujien arvot on talletettu muistissa samaan kohtaan [ALE10];[KRR88], riippumatta niiden tyypistä ja pituudesta. Kääntäjän tehtävä on varata riittävä määrä muistia suurimman tyyppin mukaisesti. Yhden muuttujan arvon muuttaminen vaihtaa muuttujille varatun muistin sisällön. Seuraava esimerkki havainnollistaa tätä:

```
union moniTyyppi{
    int iluku;
    uint uiluku;
    ubyte ubluku;
}

void main() {
    moniTyyppi luku;
    luku.iluku = 6200;
    writeln("int: ", luku.iluku);
    writeln("uint: ", luku.uiluku);
    writeln("ubyte: ", luku.ubluku);
    luku.iluku = -6200;
    writeln("int: ", luku.iluku);
    writeln("uint: ", luku.uiluku);
    writeln("ubyte: ", luku.ubluku);
}
```

Ohjelma tulostaa seuraavasti:

```
int: 6200
uint: 6200
byte: 56
int: -6200
uint: 4294961096
ubyte: 200
```

Lisäksi voidaan luoda dynaaminen taulukko, joka tarkoittaa sitä, että taulukkoon voidaan myöhemmin sijoittaa taulukko. Esimerkki havainnollistaa tätä toimintaa:

```
int[] c;
int[4] d;
d[2] = 10;
c = d;
writeln(c[2]);
```

Ohjelma tulostaa luvun 10.

D-kielen tarjoama struct ja union ovat useissa tilanteissa käyttökelpoisia, varsinkin matalammalla tasolla, kuten esimerkiksi käyttöjärjestelmien toteutuksissa. Koska ne ovat arvotyyppisiä, niillä saadaan aikaan tehokkaita rakenteita. D-kielen kehitykseen vaikuttaneista kielistä Java ei sisällä struct, eikä union rakennetta. C# sitä vastoin sisältää struct arvotyyppien rakenteen mutta ei unionia.

## 1.2 Geneerisyys

D-kielessä on tuki geneerisyydelle. Tämä tarkoittaa sitä, että funktio voidaan kirjoittaa yleiseksi ilman, että sen parametreja sidotaan tiettyihin tyypeihin. Tällöin parametrin tyyppiä määritetään T. Seuraava esimerkki on toteutettu geneerisyyttä hyödyntäen; binäärihaku, jolle voidaan antaa syötteenä minkä tahansa tyyppinen järjestetty taulukko.

```
bool binHaku(T)(T[] input, T value) {
    while (!input.empty) {
        int i = input.length / 2;
        auto mid = input[i];
        if (mid > value)
            input = input[0 .. i];
        else
            if (mid < value)
                input = input[i + 1 .. $];
        else
            return true;
    }
    return false;
}

void main() {
    writeln(binHaku([ 1, 3, 6, 7, 9, 15 ], 6));
    writeln(binHaku([ 'a', 'b', 'c', 'd', 'e', 'g', 'i' ], 'h'));
}
```

Funktio hyväksyy syötteenä järjestetyn taulukon ja suorittaa puolitus-  
haun sille. Ohjelman tuloste on seuraava:

```
true
false
```

## 1.3 Mixin

D-kieli tarjoaa mixinin. Mixin on kuin geneerinen luokka tai template. Ero templatien ja mixinin välillä on se, että template alustetaan siihen näky-

vyysalueeseen, missä alustus tehdään kun taas mixin voidaan alustaa mi-  
hin tahansa näkyvyysalueeseen, kuten esimerkikis structiin [lähde?]. Alla on  
määritetty template Kirjoittaja, joka kirjoittaa metodille kirjoita annetun  
tiedon.

```
template Kirjoittaja(T)
{
    void kirjoita(T t)
    {
        writefln(t);
    }
}
```

Tällainen template voidaan instantoida paikalliseen näkyvyysalueeseen (ja  
kutsua myös metodia kirjoita) seuraavalla tavalla:

```
Kirjoittaja!(int).kirjoita(666);
```

Template Kirjoittaja voidaan alustaa mixin avulla myös struct:in sisälle:

```
struct S
{
    mixin Kirjoittaja!(int) IntKirjoittaja;
    mixin Kirjoittaja!(char[]) StrKirjoittaja;
}
```

## 1.4 Luokat ja periytyminen

D-kielessä luokka voi periytyä vain yhdestä luokasta, toisin kuin C++ -  
kielessä, jossa moniperintä on mahdollinen. D:ssä aliluokka perii kaikki yli-  
luokan tietueet ja funktiot.

```
class Henkilo {
    string nimi;
    int ika;
    // luokan konstruktori
    this(string nimi, int ika) {
        this.nimi = nimi;
        this.ika = ika;
    }
    ~this() {} // tyhjäksi jätetty destruktori
}
```

```
class Opiskelija : Henkilo { // perii luoka Henkilo ominaisuudet
    string opiskelijaNumero;
    int opintoPisteet;
```

```

    string opintoLinja;
    // luokan konstruktori
    this(string nimi, int ika, string opiskelijaNumero) {
        super(nimi, ika); // kutsuu yliluokan konstruktoria
        this.opiskelijaNumero = opiskelijaNumero;
    }
}

void main() {
    Opiskelija kapisteliija = new Opiskelija("Kerttu Koodari", 29, "987234651");
    Opiskelija konnari = new Opiskelija("Kalle Konnari", 34, "132435467");
    kapisteliija.opintoLinja = "Tietojenkasittelytiede";
    konnari.opintoLinja = "Kognitiotiede";
    kapisteliija.opintoPisteet = 123;
    konnari.opintoPisteet = 87;
    writeln(kapisteliija.nimi, "n opintopistekertyma on ",
    kapisteliija.opintoPisteet);
    writeln(konnari.nimi, "n opintopistekertyma on ", konnari.opintoPisteet);
}

```

Ohjelma tulostaa seuraavasti:

```

Kerttu Koodarin opintopistekertyma on 123
Kalle Konnarin opintopistekertyma on 87

```

Perinnän voi estää kirjoittamalla luokkamäärittelyn eteen final [DLA13]. Rajapintaluokka löytyy myös ja se määritetään luokkamäärittelyn edessä avainsanalla interface. Abstrakti luokka voidaan muodostaa avainsanalla abstract, joka kirjoitetaan luokan määrittelyn eteen. Abstrakti luokka voi sisältää D-kielessä abstrakteja funktioita, joille aliluokan on annettava toteutus, ja normaaleja funktioita. Abstraktista luokasta ei voi luoda ilmentymää, vaan ainoastaan abstraktin luokan aliluokasta voidaan luoda ilmentymä. Esimerkkikoodia abstraktin luokan toteutuksesta:

```

// abstrakti luokka Tervehdys
abstract class Tervehdys {
    void tervehdi(){
        writeln("Hei!");
    }
    abstract void tervehdiNimella(string name);
}

class TervehdysNimella : Tervehdys {
    // tervehdiNimella abstraktin funktion toteutus
    void tervehdiNimella(string nimi){

```

```

        writeln("Hei ", nimi, "!");
    }
}

void main() {

    Tervehdys tervehdys = new TervehdysNimella();
    tervehdys.tervehdi();
    tervehdys.tervehdiNimella("Kerttu");
}

```

Ja ohjelma tulostaa:

```

Hei!
Hei Kerttu!

```

D-kielessä on lisäksi tuki rajapintaluokille, joita voidaan periä useampia yhdelle luokalle. Rajapintaluokassa määritellään funktiot, jotka aliluokan täytyy toteuttaa. Alla esimerkki koodista, jossa luokassa Laskenta toteutetaan rajapintaluokkien Summa ja Tulo funktiot.

```

interface Summa {
    int summa(int a, int b);
}

interface Tulo {
    int tulo(int a, int b);
}

class Laskenta : Summa, Tulo {
    int summa(int a, int b) {
        return a+b;
    }

    int tulo(int a, int b) {
        return a*b;
    }
}

void main() {
    Laskenta laskuri = new Laskenta();
    writeln("3+4=", laskuri.summa(3, 4));
    writeln("3*4=", laskuri.tulo(3, 4));
}

```

Esimerkkikoodi tulostaa:

3+4=7  
3\*4=12

## 1.5 Arvo- ja viitesemantiikka

D-kielessä tietueet, struct ja union, noudattavat arvosemantiikkaa. Luokat noudattavat viitesemantiikkaa. Arvosemantiikkaa noudattavat tietueet tallennetaan muistissa pinoon ja niiden olemassaolo riippuu näkyvyysalueesta. Viitesemantiikkaan perustuvien luokkien ilmentymille taas varataan muistia keosta; pinoon laitetaan vain osoitin keon kohtaan, jossa luotu olio sijaitsee. Funktiokutsun parametrit voidaan välittää arvoina tai viitteinä, samaan tapaan kuin C/C++ -kielissä [KRR88]. Kielessä on tätä varten varattu merkit \* ja &, josta lyhyt esimerkki:

```
void main() {
    int x=10;
    int y=20;
    writeln(x,"",y);
    vaihda(&x, &y);
    writeln(x,"",y);
}

void vaihda(int *px, int *py)
{
    int temp;
    temp=*px;
    *px=*py;
    *py=temp;
}
```

Koodissa vaihdetaan muistissa x:n ja y:n arvoja keskenään. main kutsuu funktiota vaihda ja funktiolle välitetään parametrina x:n ja y:n muistiosoitteet &x ja &y. vaihda-funktion parametrien tyypeiksi on määritetty osoittimet merkillä \*. Funktio tekee arvojen vaihtamisen suoria muistiosoitteita käyttäen. Tuloste on seuraava:

10,20  
20,10

## 2 Hansin osuus

Erlangissa ei ole luokkia, joten ei ole myöskään mitään luokkiin liittyvää toiminnallisuutta kuten perintää. Myöskään geneerisiä tyyppejä tai ajon-  
aikaista tyyppiparametrintointia ei ole. Parametrinvälityksessä ja muuttujiin  
sijoittamisessa Erlangissa on aina käytössä arvosemantiikka.



Erlangin tietotakenne Record on hyvin samantapainen kuin c:n struct [HEB13]. Se on sopiva pienen tietorakenteen luomiseksi. Record määritellään moduulin attribuutiksi:

```
-module(piste) .  
-compile(export_all) .  
-record( piste, {  
    x,  
    y  
}) .
```

Esimerkissä on yksinkertainen tietorakenne pisteen kuvaamiseksi. Recordin alustus samaisessa moduulissa tapahtuu seuraavasti:

```
piste() ->  
    #piste{  
        x = 20,  
        y = 35  
    } .
```

Moduulin käännöksen jälkeen voidaan tulostaa pisteen kaikki tiedot tai ai-oastaan yksittäinen tieto:

```
>c(piste) .  
{ok, piste}  
>piste:piste() .  
#piste{x = 20, y = 35}  
>piste#.piste.x .  
20
```

Tärkeä joukko Erlangin tietorakenteita on avain-arvo-parit (key-value stores). Yleisin näistä on proplist, joka on tuplelista muotoa [{key,value}]. Muita rajoitteita ei juuri ole. Proplistin käsittelyyn (lisäys, poisto, haku jne.) löytyy moduulista proplists kaikki tarvittavat funkiot [HEB13].

Hieman formaalimmin määritelty avain-arvo -tietorakenne on orddict eli järjestetty sanakirja (ordered dctionary). Siinä avain saa esiintyä ainoastaan kerran ja rakenne tarjoaa rajoitetun CRUD-toiminnallisuuden elementtien tallentamiseen, etsimiseen, lukemiseen ja poistamiseen. Elementit ovat järjestetty, joten haut ovat nopeita[HEB13]. orddict on tehokas 75 elementin säilömiseen saakka. Tätä suuremmat tietomäärät kannattaa tallettaa esimerkiksi dict:iin tai gb\_tree:hin.

dict:ien toiminnallisuus on lähes sama kuin orddict:issä lisättynä muutamilla funktioilla kuten fold ja map, jotka helpottavat tiedon käsittelyä.

Molemmat funktiot ovat tarkoitettu listan läpikäyntiin siten, että listan jokainen alkio käsitellään parametrina annetun funktion määräämällä tavalla.

Erlang tarjoaa myös valmiin puurakenteen, `gb_treen` [HEB13]. `gb_tree` on tasapainotettu puu, johon on valmiiksi toteutettu yleisimmät puissa tarvittavat funktiot kuten `insert`, `delete`, `lookup` muutamia mainitakseni. Puurakenne on varsin tehokas pl. tilanteet, joissa tasapainotusta joudutaan tekemään.

Eräs Erlangin erikoisuus on valmiiksi toteutettu suunnattu verkko, `digraph` (directed graph) [HEB13]. `digraph` on toteutettu kahdessa moduulissa `digraph` ja `digraph_utils`, joista edellinen toteuttaa verkon ja jälkimmäinen tarjoaa palvelut verkon läpikäyntiin, renkaiden (`cycle`) löytämisen jne.

Erlangissa on myös valmis toteutus FIFO-jonolle, nimeltään `queue` [HEB13]. Luonnollisestikin jonon toteutus sisältää funktiot elementtien lisäämiseksi jonoon ja poistamiseksi jonosta.

Melko triviaali tietorakenne on taulukko (`array`), johon voi tallentaa ainoastaan numeerisia alkioita [HEB13]. Erlangin taulukko voidaan alustaa dynaamiseksi, jolloin sen koko kasvaa tarvittaessa tai staattiseksi, jolloin sen koko pysyy samana koko olemassaolon ajan. Toisin kuin imperatiivisissa kielissä, Erlangin taulukko ei tarjoa vakioaikaisia hakufunktioita. Yleinen käytäntö esimerkiksi raskaissa matriisioperatioissa on teettää työ muilla kielillä kirjoitetuilla ohjelmilla käyttäen Erlangin siihen tajoamaa tekniikkaa `port:ia`

### 3 Eeron osuus

Erlang-kielessä set-tietorakenteet eli joukot ovat elementtien kokoelmia (`collection`), joissa mistään elementistä ei ole kaksoiskappaleita. Erlangissa on neljä moduulia joukkojen käsittelyyn: `ordsets`, `sets`, `gb_sets` ja `sofs` (`sets of sets`). Fred Hébertin mukaan suunnittelijoiden tausta-ajatuksena oli, ettei joukon esittämiseen ole yhtä, optimaalista tapaa. (hepe)

`ordsets`-moduulissa järjestyksessä olevaa listaa käytetään joukon elementtien tallentamiseen. (manuaali) `ordsets`-rakenteet ovat hyödyllisiä lähinnä pienten joukkojen esittämiseen. `ordsets`-rakenteet ovat hitaita, mutta niiden esitystapa on kaikista Erlangin joukkorakenteista yksinkertaisin ja helppolukuisin. Alla on esimerkkejä `ordsets`-moduulin funktioista. (hepe)

```
ordsets:new/0
ordsets:is_element/2
ordsets:add_element/2
ordsets:del_element/2
ordsets:union/1
ordsets:intersection/1
```

`ordsets`-moduulin esitystapa eroaa `sets`-moduulin esitystavasta yhdellä

tavalla. Siinä missä sets-moduuli olettaa kahden elementin olevan erilaisia, jos ne eivät ole täysin samat ( $\neq$ ), ordsets-moduulissa kaksi elementtiä eroavat toisistaan ainoastaan, jos ne eivät ole yhtä suuret ( $=$ ). (manuaali)

sets-moduuli on toteutettu käyttäen samankaltaista rakennetta kuin dict-tietorakenne, ja se toteuttaa saman rajapinnan kuin ordsets-moduuli. sets on kuitenkin paremmin skaalautuva, eli suurien elementtimäärien käsittely on sets-moduulin kautta toteutetuissa joukoissa tehokkaampaa. Dict-rakenteiden tapaan sets-moduulilla toteutetut joukot ovat erityisen hyviä lukemispainotteisissa operaatioissa. Tällaisessa voitaisiin esimerkiksi tarkastaa, onko jokin elementti mukana joukossa vai ei. (hepe)

gb\_sets-moduulissa järjestetyt joukot on toteutettu soveltaen General Balanced Trees -konseptia. General Balanced Tree on yksinkertaisesti binääripuu, jolla on kyky korjata muotonsa tarvittaessa. (andersson) Joukkojen toteuttaminen gb\_sets-moduulin avulla voi olla suurien joukkojen kohdalla paljon tehokkaampaa kuin järjestettyjen listojen käyttö. (manuaali)

gb\_sets-moduuli on tehokas muissa operaatioissa kuin lukemisessa. Vaikka gb\_sets toteuttaa saman rajapinnan kuin sets ja ordsets, se tarjoaa enemmän funktioita. Esimerkkeinä mainittakoon älykkäät ja naivit funktiot, iteraattorit ja nopea pienimpien ja suurimpien arvojen haku. (hepe)

sofs-moduuli toteutetaan järjestetyillä listoilla, jotka on suljettu metadatan kanssa tuple-tyypin sisälle. sofs-moduuli on hyödyllinen, jos ohjelmoija haluaa täyden hallinnan joukkojen ja perheiden (??) välisistä suhteista tai esimerkiksi pakottaa (?) joukkojen tyyppejä. sofs-moduulilla toteutetut joukot ovat ikään kuin lähellä matemaattisen joukon konseptia, ne eivät ole ainoastaan ainutkertaisten elementtien ryhmiä. (hepe)

Erlangin kehittäjäryhmän jäsen Björn Gustavsson suosittelee gb\_sets-moduulin käyttöä useimmissa tilanteissa. Gustavsson käyttäisi ordsets-moduulia silloin, kun ohjelmoija haluaa selkeän esityksen siitä, mitä haluaa koodisaaan prosessoitavan. sets-moduulia Gustavsson suosittelee käytettäväksi ainostaan silloin, kun operaattoria  $\neq$  tarvitaan. (hepe)

## 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.
- [AND13] <http://user.it.uu.se/~arnea/ps/gbimpl.pdf>, noudettu 20.2.2013
- [ERL13] <http://www.erlang.org/doc>, noudettu 20.2.2013
- [ALE10] The D Programming Language, Andrei Alexandrescu, 2010.

[KRR88] The C Programming Language, Brian W. Kernighan, Dennis M. Ritchie, 1978/1988.