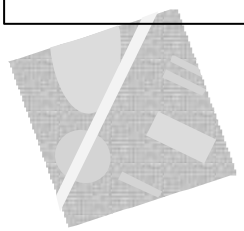
Jakso 4

Aliohjelmien toteutus



Tyypit
Parametrit
Aktivointitietue (AT)
AT-pino
Rekursio

Aliohjelmatyypit (2)

- Korkean tason ohjelmointikielen käsitteet:
  - aliohjelma, proseduuri
    - parametrit
  - funktio
    - parametrit, paluuarvo
  - metodi
    - parametrit, ehkä paluuarvo
- Konekielen tason vastaavat käsitteet:
  - aliohjelma
    - parametrit ja paluuarvo(t)

Parametrit ja paluuarvo (2)

- Muodolliset parametrit
  - määritelty aliohjelmassa
  - tietty järjestys ja tyyppi
  - paluuarvot
    - käsittely hyvin samalla tavalla kuin parametreillekin
- Todelliset parametrit ja paluuarvo
  - tod. parametrit sijoitetaan muodollisten parametrien paikalle kutsuhetkellä
  - paluuarvo saadaan paluuhetkellä ja sitä käytetään kuten mitä tahansa arvoa

```
Tulosta (int x, y)
Laske(int x): int
```

```
Tulosta (5, apu);
x = Laske( y+234);
```


Arvoparametri (10)

```
Tulosta (A+3, B)
```

- Välitetään todellisen parametrin arvo
  - muuttuja, vakio, lauseke, pointteri, olioviite

arvon kopio

- Aliohjelma ei voi muuttaa mitenkään todellisena parametrina käytettyä muuttujaa
  - muuttujan X tai B arvo
  - olioviitteen arvo
  - lausekkeen arvo
  - muuta muodollisen parametrin arvoa aliohjelmassa
    ⇒ muutetaan todellisen parametrin arvon kopiota!
  - osoitinmuuttuja parametrin ptrX arvoa ei voi muuttaa
  - osoitinmuuttujan osoittamaa arvoa voidaan muuttaa
- Javassa ja C:ssä vain arvoparametreja

```
Tulosta (int y, *ptrX);
{
    …
    y = 5;
    *ptrX = 10
}
```


Viiteparametri (4)

```
Summaa (54, Sum)
```

- Välitetään todellisen parametrin
  - muuttujan osoite

pointteri

- Aliohjelma voi muuttaa parametrina annettua muuttujan arvoa
- Pascalin *var* parametri

```
Summaa (x: int; var cum_sum: int)
{       …
        cum_sum = cum_sum + x;
        …
}
```


Nimiparametri (4)

- Välitetään todellisen parametrin nimi
  - merkkijono!
  - Algol 60
  - C:n makrot
  - sivuvaikutuksia
  - nimiparametri korvataan todellisella parametrilla joka viittaa

```
void swap (name int x, y)
{
    int t;
    t := x; x := y; y := t;
}
```

Ei käsitellä enää jatkossa.

STOP

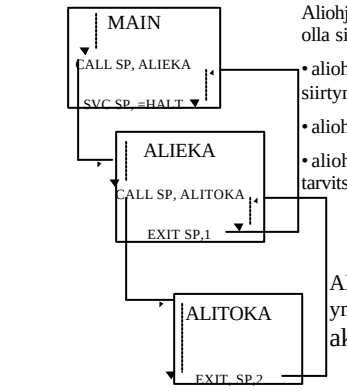
```
swap (n, A[n]); % n<>A[n]
t := n; n := A[n]; A[n] := t;
```

väärä n

Aliohjelmien toteutuksen osat (5)

- Paluuosoite
  - kutsukohtaa seuraava käskyn osoite
- Parametrien välitys
- Paluuarvon välitys
- Paikalliset muuttujat
- Rekistereiden allokointi (varaus)
  - kutsuvalla ohjelman osalla voi olla käytössä rekistereitä, joiden arvon halutaan säilyä!
    - pääohjelma, toinen aliohjelma, sama aliohjelma, metodi, …
  - käytettyjen rekistereiden arvot pitää aluksi tallettaa muistiin ja lopuksi palauttaa ennalleen

8.5.2001 Teemu Kerola, K2000 7



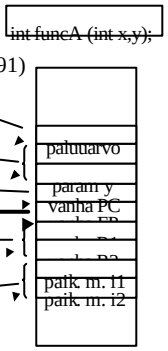
Aliohjelmat voivat olla sisäkkäisiä

- aliohjelmaan siirtyminen
- aliohjelmasta paluu
- aliohjelman tarvitsemat tiedot

Aliohjelman ympäristö eli aktivointitietue

8.5.2001 Liisa Marttinen, Kesä 2000 8

Aktivointitietue (6)

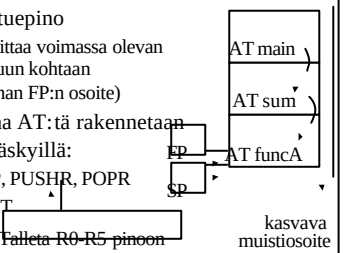


- Aliohjelman toteutusmuoto (ttk-91)
  - kaikkien ulostuloparametrien arvot
  - kaikkien (sisäänmeno) parametrien arvot
  - paluuosoite
  - kutsukohdan aktivointitietue
  - aliohjelman ajaksi talletettujen rekistereiden arvot
  - kaikki paikalliset muuttujat ja tietorakenteet

8.5.2001 Teemu Kerola, K2000 9

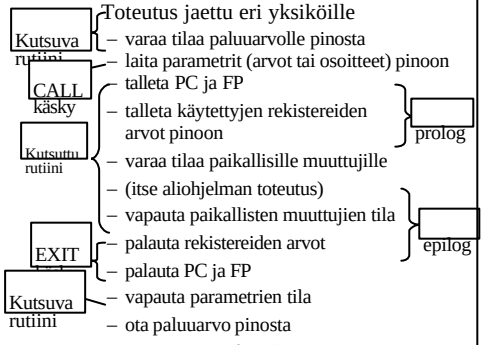
Aktivointitietueiden hallinta (4)

- Aktivointitietueet (AT) varataan ja vapautetaan dynaamisesti (suoritusaikana) pinosta
  - SP (=R6) osoittaa pinon pinnalle
- Aktivointitietuepino
  - FP (R7) osoittaa voimassa olevan AT:n sovittuun kohtaan (ttk-91: vanhan FP:n osoite)
- Pinossa olevaa AT:tä rakennetaan ja puretaan käskyillä:
  - PUSH, POP, PUSHR, POPR
  - CALL, EXIT



8.5.2001 Teemu Kerola, K2000 10

Aliohjelman käytön toteutus (12)

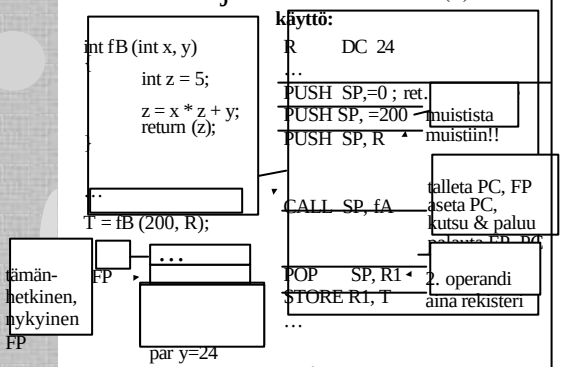


Toteutus jaettu eri yksiköille

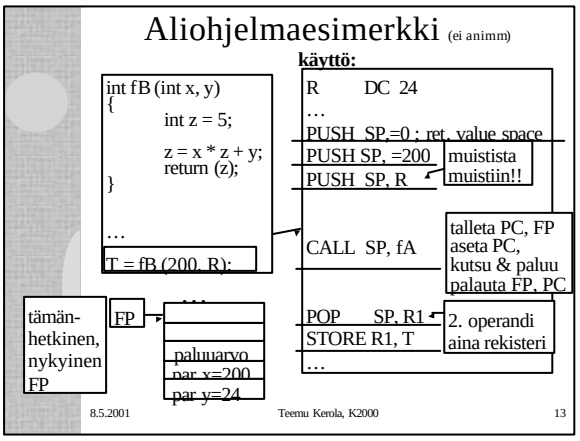
- varaa tilaa paluuarvolle pinosta
- laita parametrit (arvot tai osoitteet) pinoon
- talleta PC ja FP
- talleta käytettyjen rekistereiden arvot pinoon
- varaa tilaa paikallisille muuttujille
- (itse aliohjelman toteutus)
- vapauta paikallisten muuttujien tila
- palauta rekistereiden arvot
- palauta PC ja FP
- vapauta parametrien tila
- ota paluuarvo pinosta

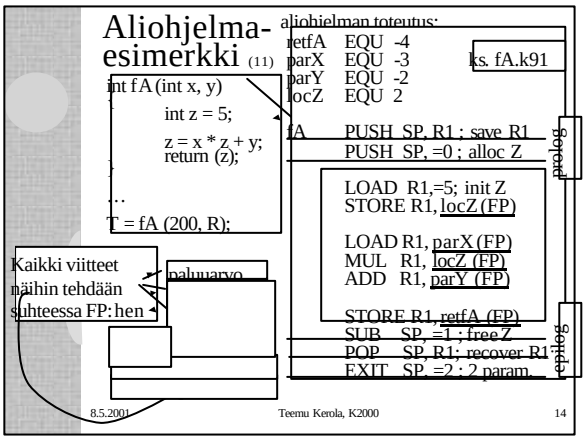
8.5.2001 Teemu Kerola, K2000 11

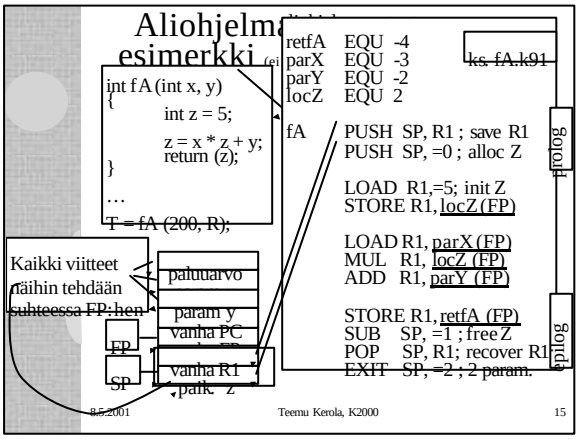
Aliohjelmaesimerkki (13)

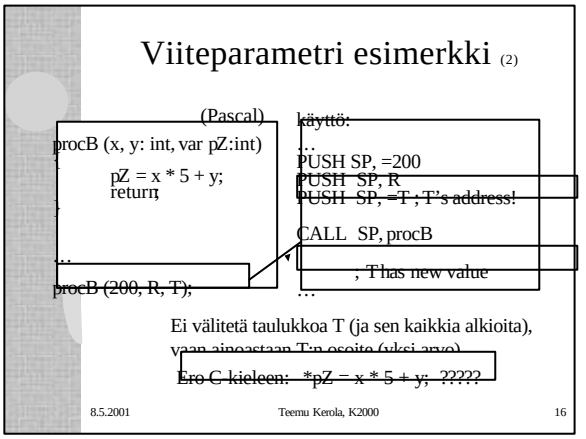


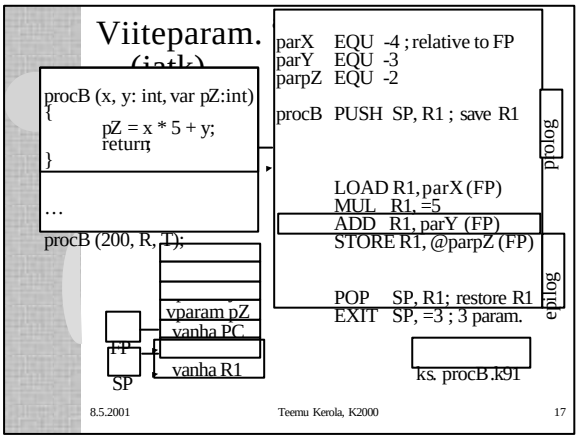
8.5.2001 Teemu Kerola, K2000 12

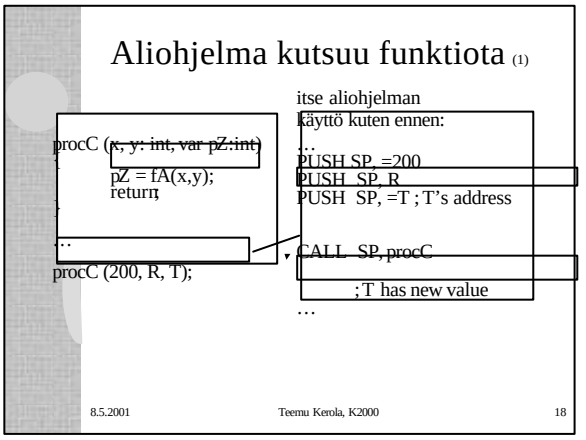

Aliohjelmaesimerkki (ei animm)
käyttö:
int fB (int x, y)
{
int z = 5;
z = x * z + y;
return (z);
}
…
T = fB (200, R);
R DC 24
…
PUSH SP,=0 ; ret. value space
PUSH SP, =200
PUSH SP, R
muistista muistiin!!
CALL SP, fA
talleta PC, FP aseta PC, kutsu & paluu palauta FP, PC
POP SP, R1
STORE R1, T
2. operandi aina rekisteri
…
tämän-hetkinen, nykyinen FP
FP
paluuarvo
par x=200
par y=24
8.5.2001
Teemu Kerola, K2000
13


Aliohjelma-esimerkki (11)
aliohjelman toteutus:
retfA EQU -4
parX EQU -3
parY EQU -2
locZ EQU 2
ks. fA.k91
int fA (int x, y)
{
int z = 5;
z = x * z + y;
return (z);
}
…
T = fA (200, R);
fA PUSH SP, R1 ; save R1
PUSH SP, =0 ; alloc Z
prolog
LOAD R1,=5; init Z
STORE R1, locZ (FP)
LOAD R1, parX (FP)
MUL R1, locZ (FP)
ADD R1, parY (FP)
STORE R1, retfA (FP)
SUB SP, =1 ; free Z
POP SP, R1; recover R1
EXIT SP, =2 ; 2 param.
epilog
Kaikki viitteet näihin tehdään suhteessa FP:hen
paluuarvo
8.5.2001
Teemu Kerola, K2000
14


Aliohjelma-esimerkki (ei
int fA (int x, y)
{
int z = 5;
z = x * z + y;
return (z);
}
…
T = fA (200, R);
retfA EQU -4
parX EQU -3
parY EQU -2
locZ EQU 2
ks. fA.k91
fA PUSH SP, R1 ; save R1
PUSH SP, =0 ; alloc Z
prolog
LOAD R1,=5; init Z
STORE R1, locZ (FP)
LOAD R1, parX (FP)
MUL R1, locZ (FP)
ADD R1, parY (FP)
STORE R1, retfA (FP)
SUB SP, =1 ; free Z
POP SP, R1; recover R1
EXIT SP, =2 ; 2 param.
epilog
Kaikki viitteet näihin tehdään suhteessa FP:hen
paluuarvo
param y
vanha PC
vanha R1
FP
SP
8.5.2001
Teemu Kerola, K2000
15


Viiteparametri esimerkki (2)
(Pascal)
procB (x, y: int, var pZ:int)
{
pZ = x * 5 + y;
return;
}
…
procB (200, R, T);
käyttö:
…
PUSH SP, =200
PUSH SP, R
PUSH SP, =T ; T's address!
CALL SP, procB
, T has new value
…
Ei välitetä taulukkoa T (ja sen kaikkia alkioita), vaan ainoastaan T:n osoite (yksi arvo)
Ero C-kieleen: *pZ = x * 5 + y; ?????
8.5.2001
Teemu Kerola, K2000
16


Viiteparam. (jatk)
procB (x, y: int, var pZ:int)
{
pZ = x * 5 + y;
return;
}
…
procB (200, R, T);
parX EQU -4 ; relative to FP
parY EQU -3
parpZ EQU -2
procB PUSH SP, R1 ; save R1
prolog
LOAD R1, parX (FP)
MUL R1, =5
ADD R1, parY (FP)
STORE R1, @parpZ (FP)
POP SP, R1; restore R1
EXIT SP, =3 ; 3 param.
epilog
ks. procB.k91
vparam pZ
vanha PC
vanha R1
FP
SP
8.5.2001
Teemu Kerola, K2000
17


Aliohjelma kutsuu funktiota (1)
itse aliohjelman käyttö kuten ennen:
procC (x, y: int, var pZ:int)
{
pZ = fA(x,y);
return;
}
…
procC (200, R, T);
…
PUSH SP, =200
PUSH SP, R
PUSH SP, =T ; T's address
CALL SP, procC
; T has new value
…
8.5.2001
Teemu Kerola, K2000
18

Aliohjelma kutsuu funktiota (2)

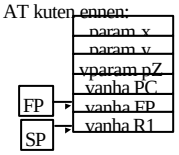
```
procC (x, y: int, var pZ:int)
{
      pZ = fA(x,y);
      return;
}
…
procC (200, R, T);
```

aliohjelman toteutus:

```
parXc  EQU  -4 ; relative to FP
parYc  EQU  -3
parpZ  EQU  -2

procC  PUSH  SP, R1 ; save R1
       ; call fA(parXc, parYc)
       PUSH  SP,=0 ; ret. value
       PUSH  SP, parXc(FP)
       PUSH  SP, parYc(FP)
       CALL  SP, fA
       POP   SP, R1
       STORE R1, @parpZ (FP)

       POP   SP, R1; restore R1
       EXIT  SP, =3 ; 3 param.
```

ks. procC.k91

AT kuten ennen:



Rekursiivinen aliohjelma (4)

- Aliohjelma, joka kutsuu itseään
- Ei mitään erikoista muuten
- Aktivointitietue hoitaa tilanvarauksen automaattisesti paikallisille muuttujille joka kutsukerralla
- Joka kutsukerralla suoritetaan sama koodi-alue (aliohjelman koodi), mutta dataa varten on käytössä oma aktivointitietue

Rekursio esimerkki (1)

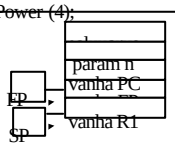
```
fPow (n: int)
{
   if (n=1)
      return (1);
   else
      return (n * fPower (n-1));
}
…
k = fPow (4);
```

kutsu:

```
K      DC   0

       ; k = fPow (4)
       PUSH  SP, =0
       PUSH  SP, =4
       CALL  SP, fPow
       POP   SP, R1
       STORE R1, K
```

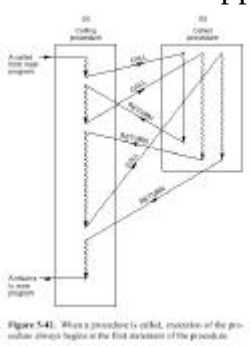

Rekursion toteutus (2)

```
fPow (n: int)
{
   if (n=1)
      return (1);
   else
      return (n * fPow (n-1));
}
…
k = fPower (4);
```




```
parRet  EQU  -3
parN    EQU  -2

fPow    PUSH  SP, R1 ; save R1

        LOAD R1,  parN(FP)
        COMP R1,=1
        JEQU  One ; return 1 ?

        ; return fPow(N-1) * N
        SUB   R1, =1  ; R1 = N-1
        PUSH  SP, =0 ; ret. value space
        PUSH  SP, R1
        CALL  SP, fPow
        POP   SP, R1 ; R1 = fPow(N-1)

        MUL   R1, parN(FP)
One     STORE R1, parRet(FP)

        POP   SP, R1; restore R1
        EXIT  SP, =1 ; 1 param.
```


-- Jakson 4 loppu --



[Tane99]