Luento 10
Käännös, linkitys ja lataus

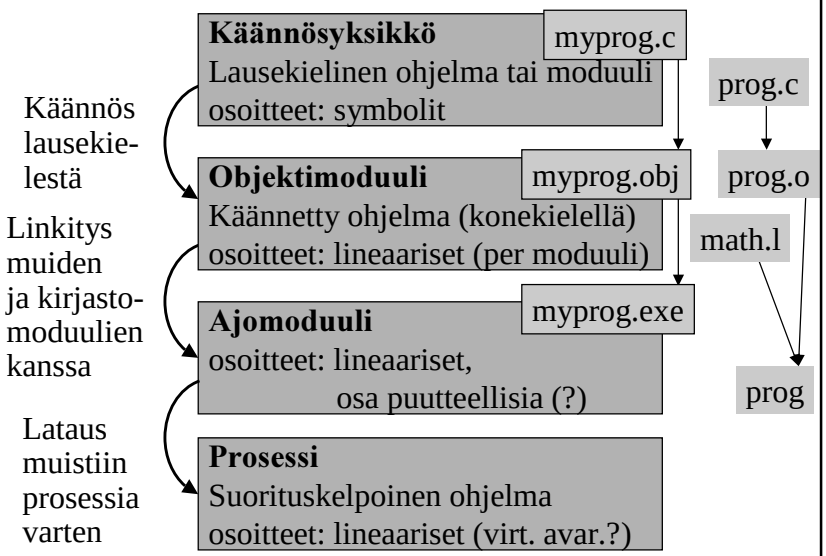
Käännös

Linkitys

Dynaaminen linkitys

Lataus

Lausekielestä suoritukseen (3)

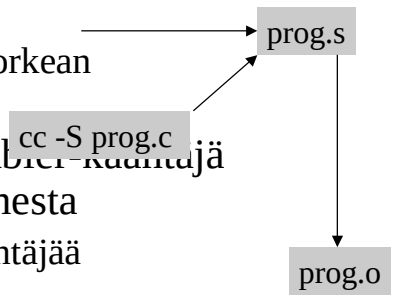


Käännösyksikkö (4)

- Jollain ohjelmointikielellä kuvattu eheä kokonaisuus, joka halutaan aina kääntää yhdessä
  - kaikki yhteen liittyvät aliohjelmat
  - olioperustainen luokka
- Liian suuri kokonaisuus?
  - turhaa aikaa kääntämiseen joka muutoksen jälkeen
- Liian pieni kokonaisuus?
  - turhaa aikaa liitoksien suunnitteluun ja toteutukseen muiden moduulien kanssa
- Käännösyksikön ohjelmointikieli ei ole tärkeä
  - niiden sitominen yhteen tapahtuu objektimoduulien tasolla

Assembler-kielinen käännösyksikkö (2)

- Käännösyksikkö voi olla myös suoraan k.o. koneen symbolisella konekielellä kirjoitettu
  - suoraan käsin
  - kääntäjän generoimana korkean tason kielestä
- Käännöksen tekee assembler-kääntäjä tavallisen kääntäjän asemesta
  - yleensä osa tavallista kääntäjää



Objektimoduuli (8)

- Konekielinen koodi
  - moduulin sisäiset viitteet paikallaan (lineaarisessa muistiavaruudessa)
  - moduulin ulkopuoliset viitteet merkitty
- Linkitystä varten:
  - tiedot niiden osoitteiden sijainneista, jotka täytyy päivittää, kun moduulin osoiteavaruus yhdistetään jonkin toisen moduulin osoiteavaruuden kanssa linkityksessä RELOCATION TABLE
  - tiedot viittauksista moduulin ulkopuolelle
  - tiedot kohdista, joista tähän moduuliin saa v IMPORT ulkopuolelta
  - symbolitaulu EXPORT

SYMBOL TABLE

04/04/2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 5

Symbolitaulu

- Kääntäjä generoi
- Ylläpidetään linkityksen aikana
- Joskus ylläpidetään myös latauksen jälkeen virheilmoitusten tekemistä varten
  - ohjelmien kehitysympäristöt ylläpitävät symbolitaulua koko ajan
- Jätetään pois valmiista ohjelmasta
  - vie turhaa tilaa

04/04/2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 6

Lähdekieli vs. konekieli (3)

- Pascal lauseke: N := I+J;
- C lauseke: N = I+J
- Java lauseke: N = I+J;

TTK-91 symbolinen konekieli:

```
I           DC    3
J           DC    4
N           DC    0

FORMULA     LOAD  R1, I
            ADD   R1, J
            STORE R1, N
```

Pentium II, Motorola 680x0 ja SPARC symbolinen konekieli: ks. Fig. 7-2 [Tane99]

(Assembler) kääntäjän ohjauskäskyt (4)

- Eivät varsinaista koodia
  - niistä ei tule konekäskyjä
- Ohjaavat käännöstä

TTK-91: DC
DS
EQU

Pentium II: ks. Fig. 7-3 [Tane99]

Makrot (6)

- Helpottavat ohjelmointia
- Usein toistuville koodisarjoille annetaan nimi ⇒ makro
- Makroilla voi olla parametreja
  - useimmiten nimiparametreja (call-by-name)
- Makrot käsitellään ennen kääntämistä
  - eivät kuulu konekieleen
  - makron ”kutsu” (käyttö) korvataan makron rungolla
- Esimerkkejä
  - swap
  - aliohjelmien prologi ja epilogi
  - itse tehdyt, kääntäjän käyttämät

ks. Fig. 7-4 ja 7-6 [Tane99]

- Erot aliohjelmiin

ks. Fig. 7-5 [Tane99]

Literaalit (5)

- Vakioita
- Niin suuria, että eivät mahdu konekäskyn vakio-osaan ...

ttk-91: käskyn vakiot 2-tavuisia, arvoalue: -32767 … 32767

- ... tai muuten vain halutaan pitää datan joukossa eikä käskyjen yhteyteen talletettuna

```
Pi      DC      3.14159265 ; (!!??)
One     DC      1       vrt.  One EQU  1
OneMeg  DC  1024576
```

- Niitä ei saisi muuttaa

```
LOAD R1, One
ADD   R1,=1
STORE R1, One  ; ask for trouble
```

Literaalit (2)

- Korkean tason kielissä kaikki isot vakiot ovat literaaleja
  N := 35000;
  var myStr = ”literal"
  - kääntäjän pitäisi estää literaalien muuttamisen
    FortranX: 5 = 6;
    LOAD R1, six
    STORE R1, five
    ???
  - literaalia ei saisi välittää viiteparametrina
    - aliohjelma voisi muuttaa sen arvoa?
      Java string?
- Myös joissakin assemblerkielissä literaalien implisiittinen (automaattinen) määrittely
  - helpommin luettavaa koodia
    Load R14, =F’234567’
  - literaalin 234567 tilanvaraus automaattisesti

Assembler käännös (10)

- 1. vaihe:
  - laske käskyjen tilanvaraukset
    - ttk-91 helppoa, koska kaikki käskyt 4 tavua!
  - generoi symbolitaulu
    ks. Kuva 6.2 [Häkk98]
    - arvot, arvon vaatima tavumäärä
    - uudelleensijoitustiedot (omana tauluna?)
  - generoi tai käytä muita tauluja
    - literaalitaulu (tilanvaraus lopuksi)
    - kääntäjän ohjauskäskytaulu
    - operaatiokooditaulu

Assembler käännös (8)

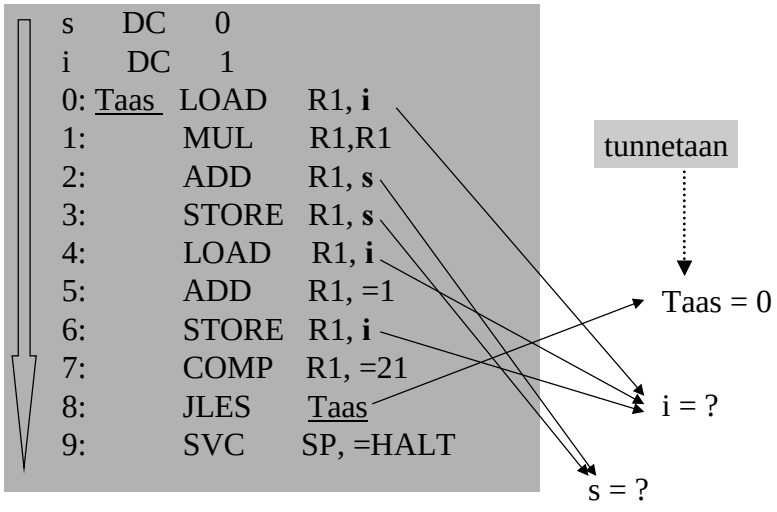
- 2. vaihe
  - generoi lopullinen objektimoduuli
  - tulosta symbolinen konekielinen listaus
  - generoi taulut linkitystä varten
    - osana objektimoduulia
  - anna virheilmoitukset

ks. Kuva 6.3 [Häkk98]

ks. Fig. 7-16 [Tane99]

- 3. vaihe
  - koodin optimointi
  - voi olla oikeasti ennen 2. vaihetta tai sen yhteydessä

TTK-91 Assembler käännös, 1. vaihe



Symbolitaulu 1. vaiheen aikana

ks. kalvo 14

Symboli	tyyppi	arvo	uud. sij.tietoa
s	data	?	2, 3
i	data	?	0, 4, 6
Taas	viite	0	8
HALT	vakio	11	

Kone-käskyt 2 ja 8

	OPER	Rj	M	Ri	ADDR
2:	ADD	1	1	0	?
	….				
8:	JLES	0	0	0	**0**

04/04/2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 15

Koodi & data 1. vaiheen jälkeen

```
s     DC    0
i     DC    1

0: Taas  LOAD   R1, i
1:       MUL    R1, R1
2:       ADD    R1, s
3:       STORE  R1, s
4:       LOAD   R1, i
5:       ADD    R1, =1
6:       STORE  R1, i
7:       COMP   R1, =21
8:       JLES   Taas
9:       SVC    SP, =HALT
10:      0      ; siis s = 10
11:      1      ;      i = 11
```

Kaikilla symboleilla tunnettu arvo

04/04/2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 16

Symbolitaulu 1. vaiheen jälkeen:

ks. kalvo 16

Symboli	tyyppi	arvo	uud. sij.tietoa
s	data	**10**	2, 3
i	data	**11**	0, 4, 6
Taas	viite	0	8
HALT	vakio	11	

Koodi 2. vaiheen jälkeen:

	OPER	Rj	M	Ri	ADDR
2:	ADD	1	1	0	**10**
	….				
8:	JLES	0	0	0	**0**

04/04/2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 17

TTK-91 objektimoduuli

(Kuva 6.3 [Häkk98])

04/04/2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 18

TTK-91 objektimoduuli

- Moduulin otsakeosa
  - moduulin nimi
  - linkittäjän tarvitsemia tietoja
    - objektimoduulin osien pituudet
    - käännös päivämäärä
    - kääntäjän nimi ja versio
    - ensimmäisen suoritettavan käskyn osoite
      - ellei aina 0

TTK-91 objektimoduuli

- EXPORT-hakemisto
  - tunnukset, joihin voidaan viitata muista moduuleista
    - rutiinit, aliohjelmat, (oliot, metodit)
    - yhteiskäyttöinen data
  - tunnuksen osoite (= symbolin arvo)
  - mahdollinen käyttöoikeus
    - R/W/E/RW

TTK-91 objektimoduuli

- IMPORT-hakemisto
  - muissa moduuleissa määritellyt tunnukset
    - tunnus
    - niiden käskyjen osoitteet, jossa tunnus esiintyy
- Koodi ja alustettu data
  - alustamattomille muuttujille ei tarvitse varata (vielä) tilaa, mutta ne on otettava huomioon data-alueen koossa

TTK-91 objektimoduuli

- Uudelleensijoitushakemisto
  - niiden käskyjen osoitteet, joiden osoiteosaa on korjattava, kun siirrytään moduulien yhteiseen osoiteavaruuteen
    - suoraviivainen lisäys (joka käskyyn) ei toimi, sillä käskyn osoiteosa voi olla vakio, jota ei saa muuttaa
    - erikseen (a) paikalliseen dataan viittaavat ja (b) hyppykäskyt, sillä linkittäessä yhdistetään erikseen data- ja koodialueet

Korkean tason kielen käännös (7)

- Enemmän vaiheita
  - Syntaktisten alkioiden etsintä
    - Syntaksipuun generointi ja jäsennys
  - Lauseiden tunnistaminen syntaksipuun avulla
  - Välikielen (välikoodin) generointi (ei aina)
  - Koodin generointi
    - ei (yleensä) Java-ohjelmille

BEGIN 123.45 IF (

(front end)

Välikieliesitys ja symbolitaulut

(back end)

Lisää tietoa? → Kääntäjien ja ohj. kielten kurssit

ks. syntaksipuu, jäsennyspuu esimerkit

04/04/2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 23

Linkitys

- Uudelleensijoitusongelma (relocation problem)
  - jokaisen objektimoduulin osoitteet alkavat 0:sta
  - tulosmoduulissa kaikki yhdessä lineaarisessa osoiteavaruudessa
  - useimpien moduulien kaikkia osoitteita täytyy muuttaa
    - käskyjen osoitteet
    - datan osoitteet

04/04/2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 24

Linkitys esimerkki (4)

- Neljä moduulia: A, B, C ja D — ks. Fig. 7-14 [Tane99]
- Laske joka moduulille *uudelleen-sijoitusvakio* (moduulin alkuosoite) — (relocation constant)
- Lisää k.o. vakio kunkin moduulin sisäisiin viitteisiin
- Etsi kaikki moduulien väliset viitteet, ja aseta kyseisten viitteiden osoitteet oikein — ks. Fig. 7-15 (a) [Tane99], ks. Fig. 7-15 (b) [Tane99]

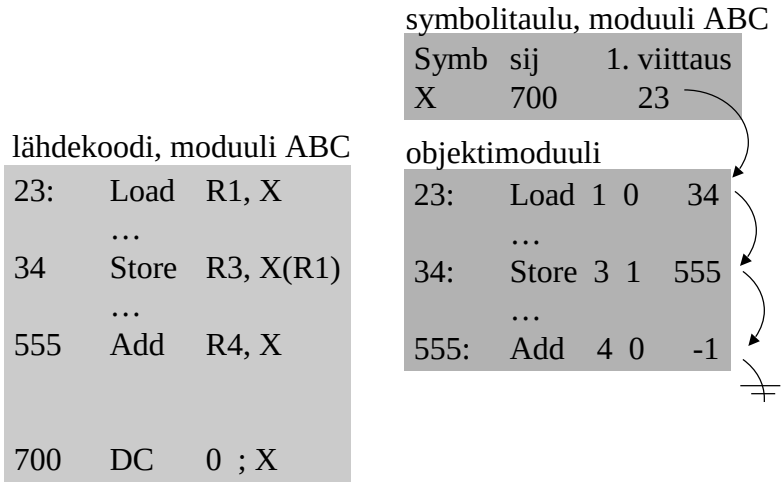
04/04/2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 25

Muuttujan X viittausten päivitys (3)

- Miten löytää linkityksen aikana kaikki kohdat, jossa muuttujaan X viitataan?
- Vastaus 1: taulukko, jossa kaikki kohdat listattu
  - taulukko voi olla hyvin iso
  - kaikille muuttujille tilaa maksimitarpeen verran?
- Vastaus 2: Muuttujan X viittaukset on linkitetty keskenään linkitetyksi listaksi objektimoduulissa
  - vain linkitetyn listan alkuosoite taulukossa (tarvitaan vain yksi osoite per muuttuja)
  - X:n osoitteen paikalla aluksi linkki seuraavaan käskyyn, missä X:ään viitataan
  - listan voi käyttää vain yhden kerran?

04/04/2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 26

Muuttujan X viitaukset linkitettynä listana (1)



Staattinen linkitys (5)

- Tavallinen (staattinen) linkitys vaatii, että kaikki ohjelmakoodissa viitatut moduulit ja kirjastorutiinit on linkitetty ennen suoritusta
- Ajomoduulista tulee hyvin iso
  - mukana myös paljon moduuleja, joihin ei yhdellä suorituskerralla tule lainkaan viittauksia
    - esim: kääntäjässä koodin optimointikoodi, vaikka koodin optimointia ei suoriteta joka kerta
    - esim: pelissä tasojen 8-22 moduulit, kun aloittelija ei pääse tasoa 3 ylemmäksi vielä kuukausiin

Dynaaminen linkitys (3)

- Jätetään linkityksessä kutsukohdat muihin moduuleihin auki
- Pienempi ajomoduuli, mutta hitaampi suorittaa
- Viittaus ”ratkaisemattomaan” (eli ei-linkitettyyn) moduuliin ratkotaan suoritusaikana
  - suoritus keskeytyy ja puuttuva moduuli linkitetään paikalleen (kaikki viittaukset siihen korjataan kuntoon)

04/04/2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 29

Windows DLL (4)

- DLL - Dynamically Linked Library
  - koodia, dataa tai molempia
- Säästää tilaa myös yhteiskäytön vuoksi
- Helpompi korjata virheitä
  - ei tarvita uutta käännöstä eikä lähdekielistä koodia!
  - riittää kun DLL vaihdetaan uuteen
  - seuraavassa suorituksessa uusi versio käyttöön
- Ajomoduuli kootaan kuten tavallinen objektimoduuli
  - DLL moduulit ja DLL viittaukset merkitty erikoislipukkeella (huomioidaan linkityksen yhteydessä)

.dll	yleinen tapaus
.drv	driver
.fon	font

ks. Fig. 7.19 [Tane99]

04/04/2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 30

Windows DLL:n linkityksen kaksi tapaa (3)

- Epäsuora dynaaminen linkitys
- Suora dynaaminen linkitys
- DLL:ssä oleva koodi suoritetaan osana kutsuvaa prosessia käyttäen sen omaa aktivointitietuepinoa

DLL:n epäsuora dynaaminen linkitys (implicit linking)

- Kaikki viitatut moduulit ladataan (lataus aloitetaan) virtuaalimuistiin ja niihin viitataan staattisesti linkitetyn pienemmän liitospalikan (import library) avulla

```
        ...
        call stubS
        ...

stubS:  ”wait until load S done”
        call S
        exit
```

DLL:n suora dynaaminen linkitys

(explicit linking)

- Koodiin generoidaan suoraan viitepaikalle käskyt, joiden avulla linkitys tapahtuu tarvittaessa
- DLL ladataan vain jos siihen tulee viittaus

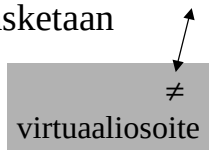
```
...
”link S”
”load S”
call S
...
```

04/04/2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 33

Nimien sidonta (2)

(name binding)

- Milloin symbolin L suoritusaikainen muistiosoite tai muu lopullinen arvo sidotaan (lasketaan valmiiksi)?
  - ohjelman kirjoitusaikana?
  - käännösaikana?
  - linkityksessä?
  - latauksessa?
  - kantarekisterin asetuksen aikana?
  - osoitteen sisältämän konekäskyn suoritusaikana?



- Jos muuttujan sijaintipaikkaa siirretään sitomisen jälkeen, mennään metsään …

04/04/2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 34

Sijainnista riippumaton koodi (3)

(position independent code)

- Jos koodi siirretään toiseen paikkaan, niin mitään osoitetta ei tarvitse päivittää
- Kaikki muistiviittaukset ovat
  - absoluuttisia (esim. keskeytys käsittelijän osoite),
  - suhteessa PC:hen, tai
  - pinossa
- Siellä ei ole viittauksia mihinkään koodiin tai tietorakenteeseen suorien (fyysisten) muistiosoitteiden avulla (tähän koodisegmenttiin)

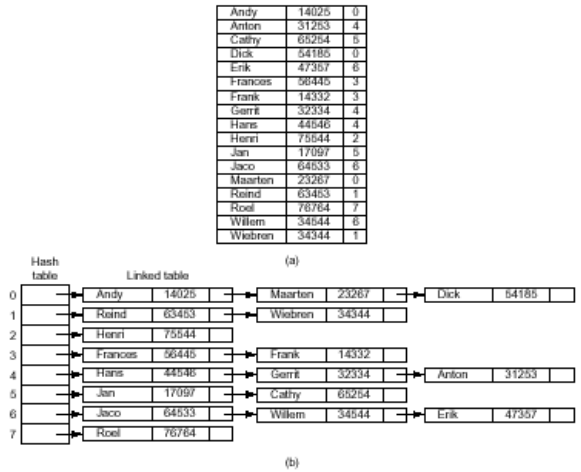
04/04/2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 35

Lataus (4)

- Ajomoduulista luodaan suorituskelpoinen prosessi (rakennetaan PCB ja sen viitteet kuntoon)
- Prosessin koodialueet (tai ainakin sen pääohjelma) ja tarvittava data-alue ladataan muistiin, prosessi siirretään R-to-R jonoon
- Sitten kun prosessi saa suoritusvuoron suorittimella, MMU ja laiterekisterit ladataan PCB:n avulla tämän prosessin tiedoilla
  - virtuaalimuistia käytettäessä joidenkin nimien sidonta tehdään viime hetkellä (konekäskyn suoritusaikana) MMU:n avulla

04/04/2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 36

-- Luennon 10 loppu --



Andy	14025	0
Anton	31253	4
Cathy	65254	5
Dick	54185	0
Erik	47357	6
Frances	56445	3
Frank	14332	3
Gerrit	32334	4
Hans	44546	4
Henri	75544	2
Jan	17097	5
Jaco	64533	6
Maarten	23267	0
Reind	63463	1
Roel	76764	7
Willem	34544	6
Wiebren	34344	1

(a)

(b)

Figure 7-12. Hash coding. (a) Symbols, values, and the hash codes derived from the symbols. (b) Eight-entry hash table with linked lists of symbols and values.

[Tane99]