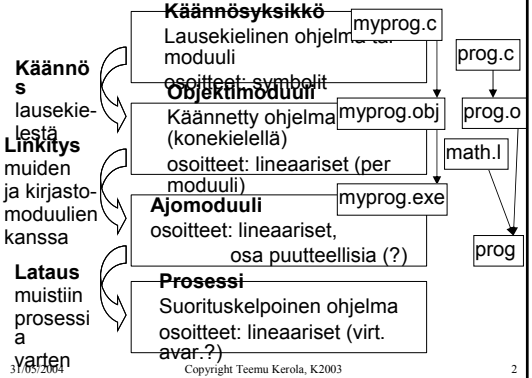
Jakso 10
Ohjelman suoritus järjestelmässä

Käännös
Linkitys
Dynaaminen linkitys
Lataus

Lausekielestä suoritukseen

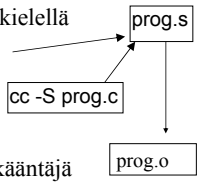


Käännösyksikkö (4)

- 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 murehtia ja toteuttaa liitoksia muiden moduulien kanssa
- Käännösyksikön ohjelmointikieli ei ole tärkeä
  - niiden sitominen yhteen tapahtuu objektimoduulien tasolla

Assembler-kielinen käännösyksikkö

- Käännösyksikkö voi olla myös suoraan k.o. koneen symbolisella konekielellä kirjoitettu
  - suoraan käsin
  - kääntäjän generoimana korkean tason kielestä

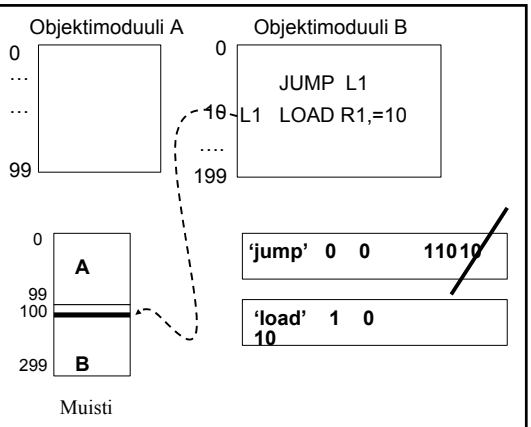


- Käännöksen tekee assembler-kääntäjä tavallisen kääntäjän asemesta
  - yleensä osa tavallista kääntäjää

Objektimoduuli (8)

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

SYMBOL TABLE



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

Lähdekieli vs. konekieli (5)

- 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
  - Joko 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

- 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?
- Myös joissakin assemblerkielissä on literaalinen 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
    - arvot, arvon vaatima tavumäärä
    - uudelleensijoitustiedot (omana tauluna?)
  - generoi tai käytä muita tauluja
    - literaalitaulu (tilanvaraus lopuksi)
    - kääntäjän ohjauskäskytaulu
    - operaatiokooditaulu

ks. Kuva 6.2 [Häkk98]

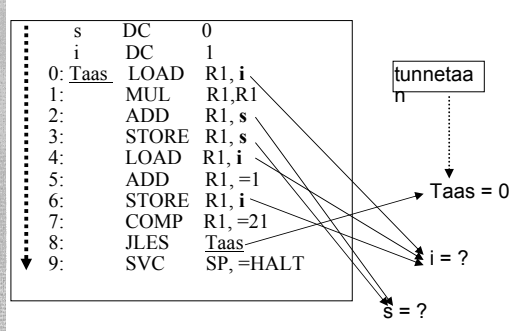
Assembler-käännös (2)

- 2. Vaihe
  - generoi lopullinen objektimoduuli
  - tulosta symbolinen assembler -listaus
  - generoi taulut linkitystä varten
    - osana objektimoduulia
  - anna virheilmoitukset
- 3. Vaihe
  - koodin optimointi
    - voi olla jo ennen 2. vaihetta tai sen yhteydessä

ks. Kuva 6.3 [Häkk98]
ks. Fig. 7-16 [Tane99]

TTK-91: Assembler-käännös

```
     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
```



Symbolitaulu 1. vaiheen aikana

ks. kalvo 15

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**

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     ; siis  i = 11
```

Kaikilla symboleilla tunnettu arvo

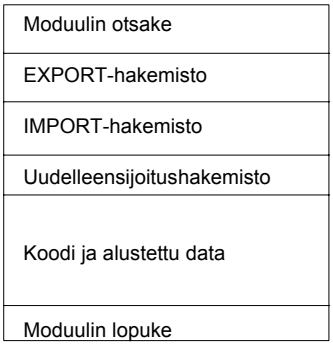
Symbolitaulu 1. vaiheen jälkeen

ks. kalvo 17

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

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

TTK-91-objektimoduuli



(Kuva 6.3 [Häkk98])

TTK-91-objektimoduuli

- Moduulin otsakeosa
  - moduulin nimi
  - linkittäjän tarvitsemia tietoja
    - objektimoduulin osien pituudet
    - käännöspäivämäärä
    - 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

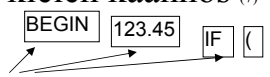
- **IMPORT**-hakemisto
  - muissa moduuleissa määritellyt tunnukset
    - tunnus
    - niiden käskyjen osoitteet, jossa tunnus esiintyy
- Koodi ja alustettu data
  - alustamattomille muuttujille ei tarvitse varata (vielä) tilaa, mutta ne on otettava huomioon data-alueen koossa

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

(front end)

Välikieliesitys ja symbolitaulut

(back end)

Lisää tietoa? → Kääntäjien ja ohj. Kielten kurssit

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

Linkitysesimerkki

ks. Fig. 7-14 [Tane99]

- Neljä moduulia: A, B, C ja D
- 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

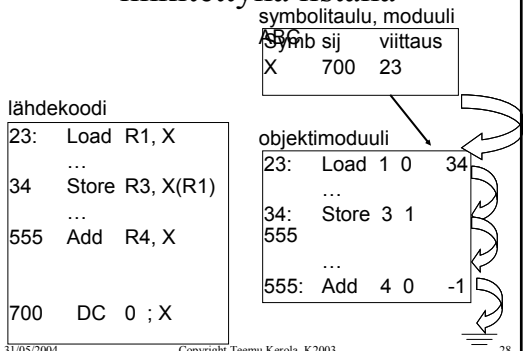
ks. Fig. 7-15 (a) [Tane99]

ks. Fig. 7-15 (b) [Tane99]

Muuttujan X viittausten päivitys (3)

- Miten löytää linkityksen aikana kaikki kohdat, joissa muuttujaan X viitataan?
  - Vastaus 1: taulukko, jossa kaikki kohdat listattu
    - taulukko voi olla hyvin iso
    - kaikille muuttujille tilaa maksimi tarpeen 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

Muuttujan X viitaukset linkitettynä listana



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 optimointia ei suoriteta
    - Esim: pelissä tasojen 8-22 moduulit, vaikka aloittelija ei pääse tasoa 3 ylemmäksi vielä kuukausiin

Dynaaminen linkitys (4)

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

Windows DLL

- DLL - Dynamic Link 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
- Ajomoduli kootaan kuten tavallinen objektimoduuli
  - DLL-moduulit ja DLL-viittaukset merkitty erikoislipukkein (huomioidaan linkityksen yhteydessä)

.dll yleinen tapaus
.drv driver
.fon font

ks. Fig. 7.19 [Tane99]

Windows DLL:n linkityksen kaksi tapaa (3)

- Epäsuora dynaaminen linkitys
- Suora dynaaminen linkitys
- DLL 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
…..

Nimien sidonta (3)

(binding time)

- Milloin symbolin L suoritusaikainen muistiosoite sidotaan (lasketaan valmiiksi)?
  - ohjelman kirjoitusaikana?
  - käännösaikana?
  - linkityksessä?
  - latauksessa?
  - kantarekisterin asetuksen aikana?
  - osoitteen sisältämän konekäskyn suoritusaikana
- Jos muuttujan sijaintipaikkaa siirretään sitomisen jälkeen, mennään metsään …!

≠
virtuaaliosoite

Sijainnista riippumaton koodi

(position independent)

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

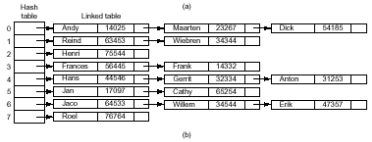
Lataus (4)

- Ajomoduulista luodaan suorituskelpoinen prosessi (rakennetaan PCB ja sen viitteet kuntoon)
- Prosessin koodialueet (tai ainakin sen pääohjelma) ja tarvittava 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 nimien sidonta tehdään viime hetkellä (konekäskyn suoritusaikana) MMU:n avulla

-- Jakson 10 loppu --

Andy	14025	0
Anton	31253	4
Cathy	65254	5
Dick	64185	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	63453	1
Roel	76764	7
Willem	34544	6
Webnon	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]