Jakso 10
Ohjelman suoritus järjestelmässä

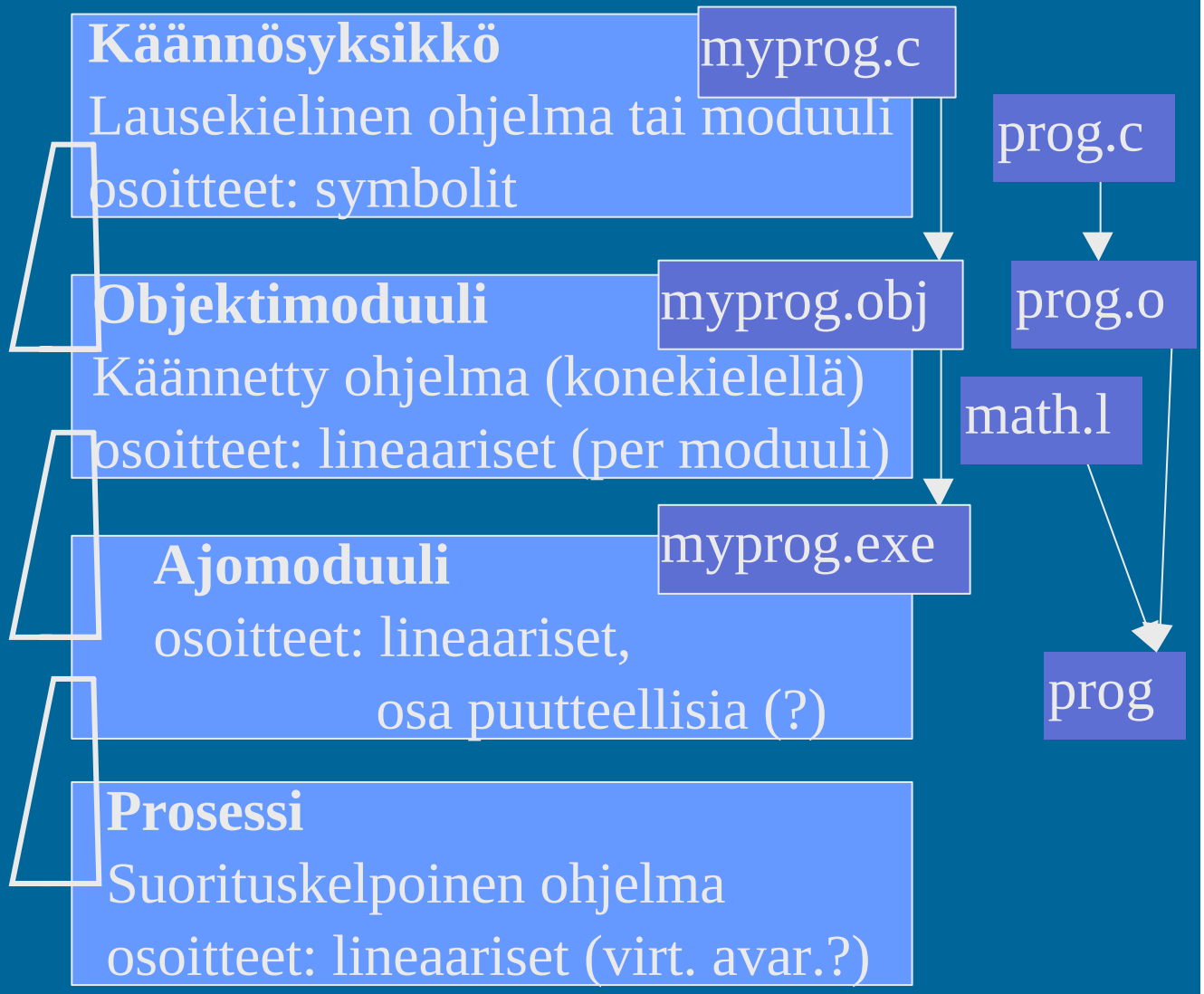
Käännös
Linkitys
Dynaaminen linkitys
Lataus

Lausekielestä suoritukseen

Käännös lausekie-lestä

Linkitys muiden ja kirjasto-moduulien kanssa

Lataus muistiin prosessia varten

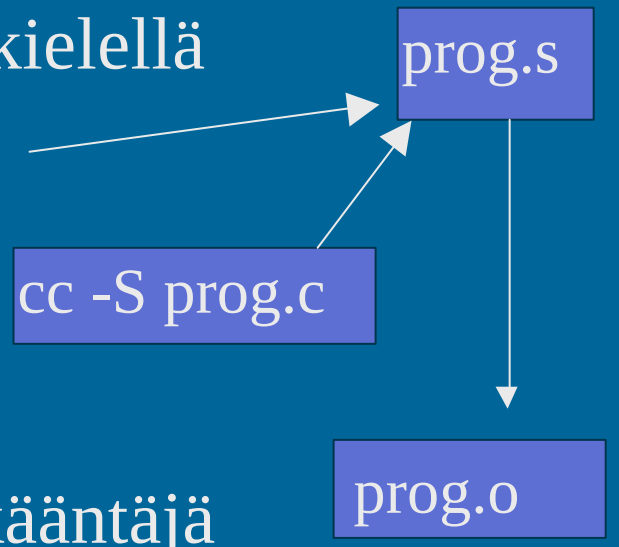


Käännösyksikkö (4)

- 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, jos moduulin sijainti muistissa vaihtuu (suorat muistiosoitteet, joihin ei käytetä virtuaalimuistin osoitteenmuunnosta)
  - tiedot viittauksista moduulin ulkopuolelle

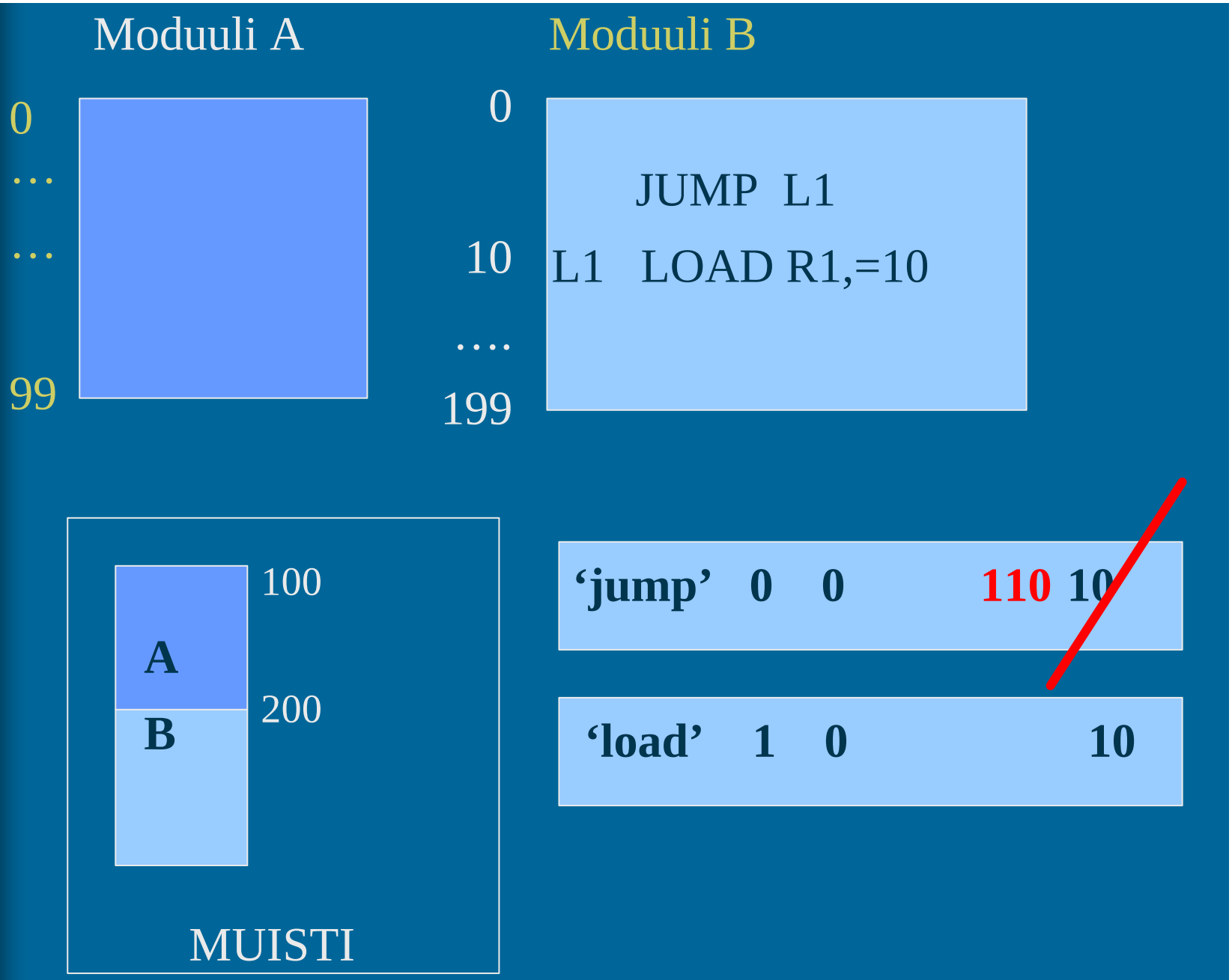
IMPORT

  - 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

Lähdekielinen ohjelma (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
- 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
- Esimerkkejä
  - swap
  - aliohjelmien prologi ja epilogi
  - itse tehdyt, kääntäjän käyttämät
- Makrot käsitellään ennen kääntämistä
- Erot aliohjelmiin

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

ks. Fig. 7-5 [Tane99]

Literaalit (5)

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

ttk-91: käskyn vakiot 2-tavuisia,
arvoalue: -128…127

- Halutaan pitää datan joukossa eikä käskyjen yhteyteen talletettuna
- Niitä ei saisi muuttaa

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

```
LOADR1, One
ADD   R1,=1
STORE R1, One  ; ask for trouble
```

Literaalit

- Korkean tason kielissä kaikki isot vakiot aina literaaleja

  N:=35000;

  Var myStr =“literal”

  – kääntäjän pitäisi estää literaalien muuttamisen

  FortranX: 5 = 6;

  ???????

  – 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

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 (7)

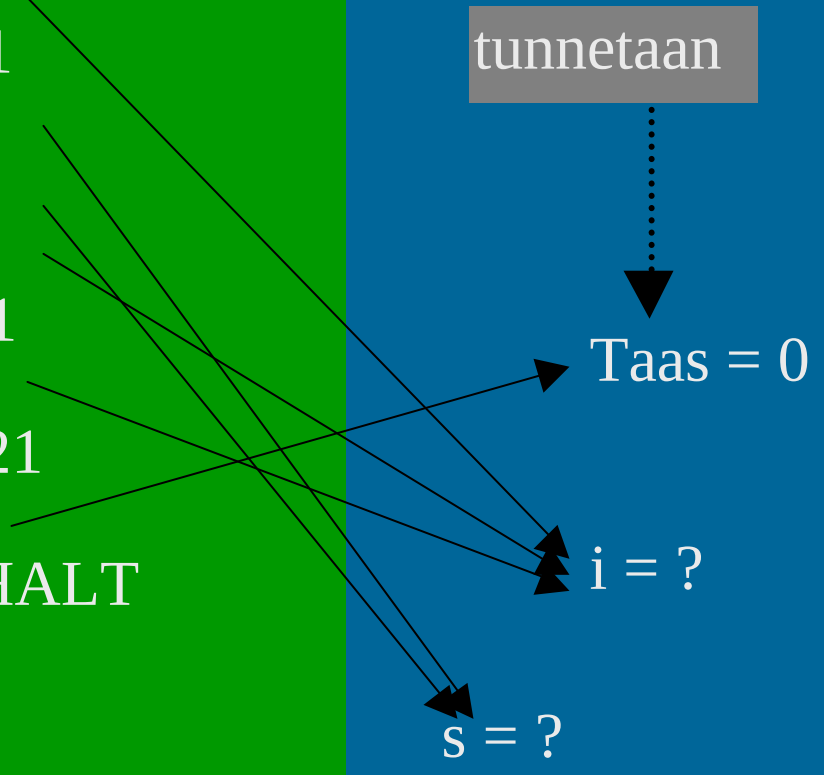
ks. Kuva 6.3 [Häkk98]

ks. Fig. 7-16 [Tane99]

- 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

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       ;      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
    - 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

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

symbolitaulu, moduuli ABC

Symb	sij	viittaus
X	700	23

lähdekoodi

```
23:     Load   R1, X
        …
34      Store  R3, X(R1)
        …
555     Add    R4, X



700     DC     0  ; X
```

objektimoduuli

```
23:     Load  1  0     34
        …
34:     Store 3  1    555
        …
555:    Add   4  0     -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
    - kääntäjässä koodin optimointikoodi, vaikka optimointia ei suoriteta
    - pelissä tasojen 8-22 moduulit, kun 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, 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?
  - …

≠

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)

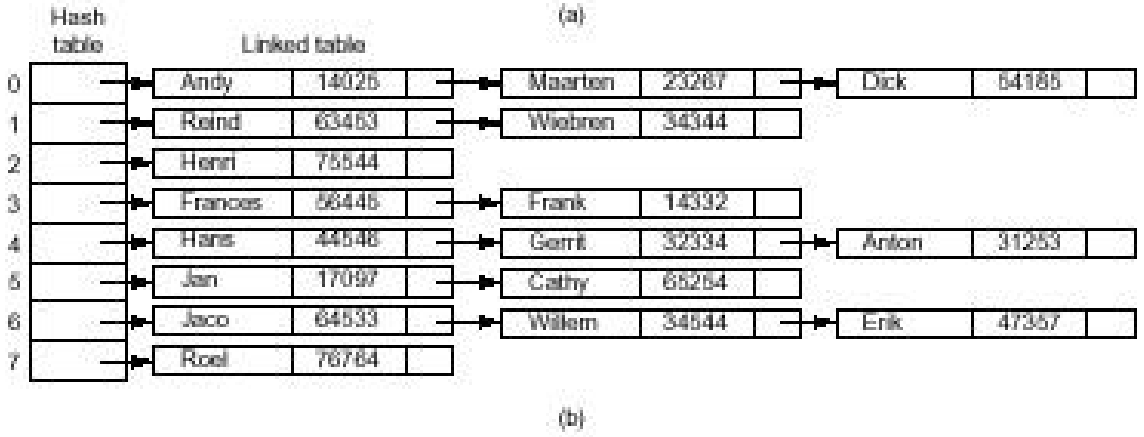
Lataus (4)

- 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 viimehetkellä (konekäskyn suoritusaikana) MM:n avulla

-- Jakson 10 loppu --

Andy	14026	0
Anton	31253	4
Cathy	65264	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
Roind	63453	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]