

# Luento 10

## Käännös, linkitys ja lataus

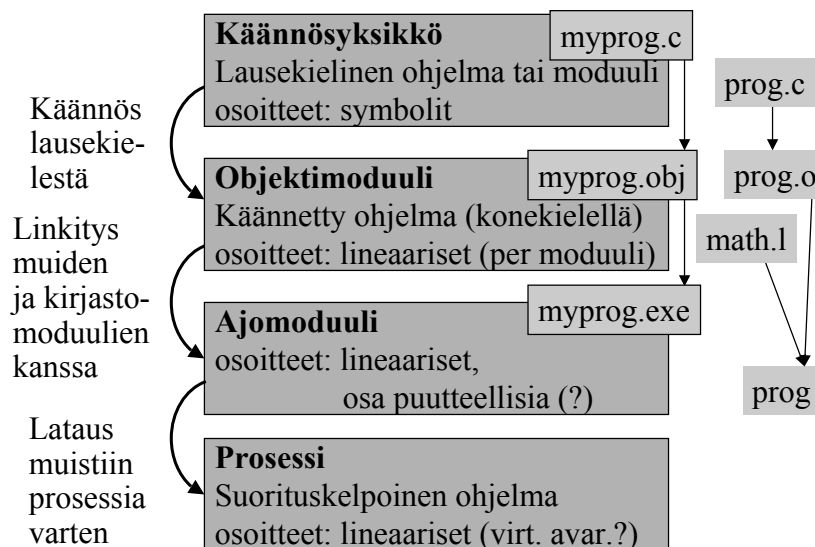
Käännös  
Linkitys  
Dynaaminen linkitys  
Lataus

04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

1

## Lausekielestä suoritukseen (3)



04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

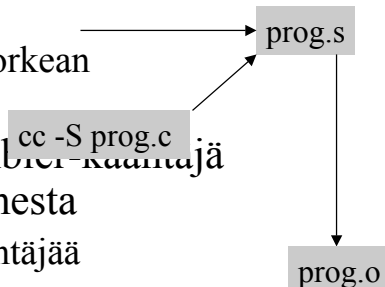
2

# Käännösyksikkö <sup>(4)</sup>

- 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 <sup>(2)</sup>

- 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 (linearisessa muistiavaruudessa)
    - moduulin ulkopuoliset viitteet merkitty
  - Linkitystä varten:
    - tiedot niiden osoitteiden sijainneista, jotka täytyy päivittää, näin moduulin osoiteavaruus yhdistetään jonkin toisen moduulin osoiteavaruuden kanssa linkityksessä
    - tiedot viittauksista moduulin ulkopuolelle
    - tiedot kohdista, joista tähän moduuliin saa viittauksen ulkopuolelta
    - symbolitaulu
- RELOCATION TABLE
- IMPORT
- EXPORT
- 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 <sup>(3)</sup>

- 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 <sup>(4)</sup>

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

TTK-91: DC  
DS  
EQU

Pentium II:

ks. Fig. 7-3 [Tane99]

# Makrot <sup>(6)</sup>

- 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 ks. Fig. 7-4 ja 7-6 [Tane99]
  - aliohjelmien prologi ja epilogi
  - itse tehdyt, kääntäjän käyttämät
- Erot aliohjelmiin ks. Fig. 7-5 [Tane99]

# Literaalit <sup>(5)</sup>

- 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 <sup>(2)</sup>

- 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 <sup>(10)</sup>

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

# Assembler käänös (8)

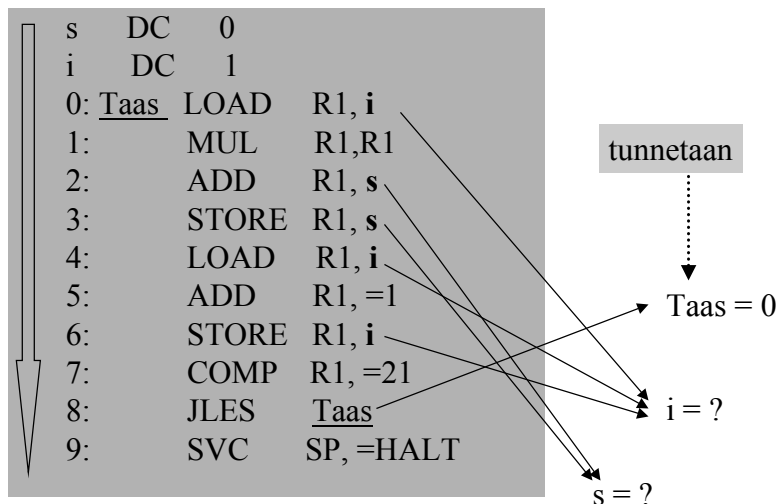
- 2. vaihe
  - generoi lopullinen objektimoduuli ks. Kuva 6.3 [Häkk98]
  - tulosta symbolinen konekielinen listaus ks. Fig. 7-16 [Tane99]
  - generoi taulut linkitystä varten
    - osana objektimoduulia
  - anna virheilmoitukset
- 3. vaihe
  - koodin optimointi
  - voi olla oikeasti ennen 2. vaihetta tai sen yhteydessä

04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

13

## TTK-91 Assembler käänös, 1. vaihe



04/04/2002

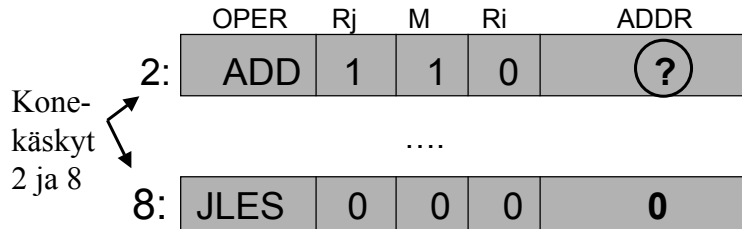
Teemu Kerola, Copyright 2002

14

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	



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 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

Moduulin otsake
EXPORT-hakemisto
IMPORT-hakemisto
Uudelleensijoitushakemisto
Koodi ja alustettu data
Moduulin loppuke

( 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
    - käänös 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 käänös <sup>(7)</sup>

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

Lisää tietoa?  Kääntäjien ja ohj. kielten kurssit

ks. syntaksipuun jäsenyspuun esimerkit

## 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

## Linkitys esimerkki <sup>(4)</sup>

- 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, ks. Fig. 7-15 (a) [Tane99]  
ja aseta kyseisten ks. Fig. 7-15 (b) [Tane99]  
viitteiden osoitteet oikein

## Muuttujan X viittausten päivitys <sup>(3)</sup>

- 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?

# Muuttujan X viitaukset linkitettyinä listana <sup>(1)</sup>

lähdekoodi, moduuli ABC			
23:	Load	R1, X	
...			
34	Store	R3, X(R1)	
...			
555	Add	R4, X	
...			
700	DC	0 ; X	

symbolitaulu, moduuli ABC			
Symb	sij	1. viittaus	
X	700	23	

objektimoduuli			
23:	Load	1 0	34
...			
34:	Store	3 1	555
...			
555:	Add	4 0	-1

04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

27

## Staattinen linkitys <sup>(5)</sup>

- Tavallinen (staattinen) linkitys vaatii, että kaikki ohjelmakoodissa viitatus 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

04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

28

## Dynaaminen linkitys <sup>(3)</sup>

- 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)

## Windows DLL <sup>(4)</sup>

- DLL - Dynamically Linked Library
  - koodia, dataa tai molempia
- Säästää tilaa myös yhteiskäytön vuoksi
- Helpompi korjata virheitä
  - ei tarvita uutta käännoästä 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]

# Windows DLL:n linkityksen kaksi tapaa <sup>(3)</sup>

- 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 viitatus 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 (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 ...

≠  
virtuaaliosoite

# Sijainnista riippumaton koodi <sup>(3)</sup>

(position independent code)

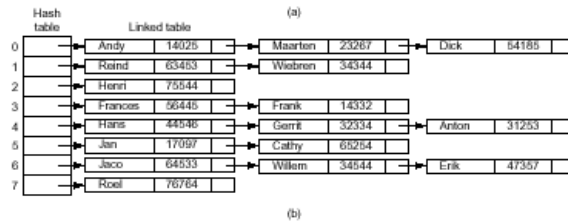
- Jos koodi siirretään toiseen paikkaan, niin mitään osoitetta ei tarvitse päivittää
- Kaikki muistiviittaukset ovat
  - absoluuttisia (esim. keskeytys käsittelijän osoite),
  - suhteessa PC:hen, tai
  - pinossa
- Siellä ei ole viittauksia mihinkään koodiin tai tietorakenteeseen suorien (fyysisten) muistiosoitteiden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

# Lataus <sup>(4)</sup>

- Ajomodulaalista 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 suoritustuuron suorittimella, MMU ja laiterekisterit ladataan PCB:n avulla tämän prosessin tiedoilla
  - virtuaalimuistia käytettäessä joidenkin nimien sidonta tehdään viime hetkellä (konekäskyn suoritusajana) MMU:n avulla

# -- Luennon 10 loppu --

Andy	14025	0
Anton	31253	4
Cathy	65254	5
Dick	54185	0
Erik	47357	6
Francis	58445	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	78764	7
Willem	34544	6
Wimbron	34344	1



**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]