

Luento 10

Käännös, linkitys ja lataus

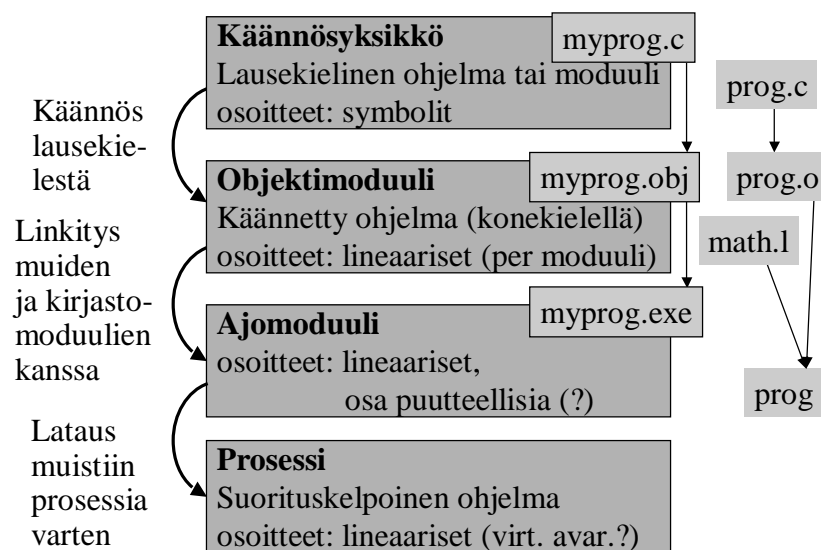
Käännös
Linkitys
Dynaaminen linkitys
Lataus

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

1

Lausekielestä suoritukseen (3)



21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

2

Käännösyksikkö

- 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

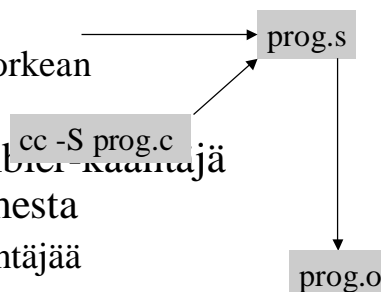
21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

3

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



21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

4

Objektimoduuli ⁽²⁾

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

SYMBOL TABLE

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

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

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

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]

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

7

(Assembler) kääntäjän ohjauskäskyt ⁽⁴⁾

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

TTK-91: DC
 DS
 EQU

Pentium II:

ks. Fig. 7-3 [Tane99]

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

8

Makrot ⁽⁶⁾

- Helpottavat ohjelmointia
- Usein toistuville koodisarjoille annetaan nimi
⇒ makro ks. Fig 7-4 [Tane99]
- Makroilla voi olla parametreja ks. Fig 7-6 [Tane99]
 - 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
- Erot aliohjelmiin ks. Fig. 7-5 [Tane99]

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

9

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

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

10

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

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

11

Assembler käänös ⁽⁴⁾

- 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 lopuksi)
 - kääntäjän ohjauskäskytaulu
 - operaatiokooditaulu

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

12

Assembler käänös (8)

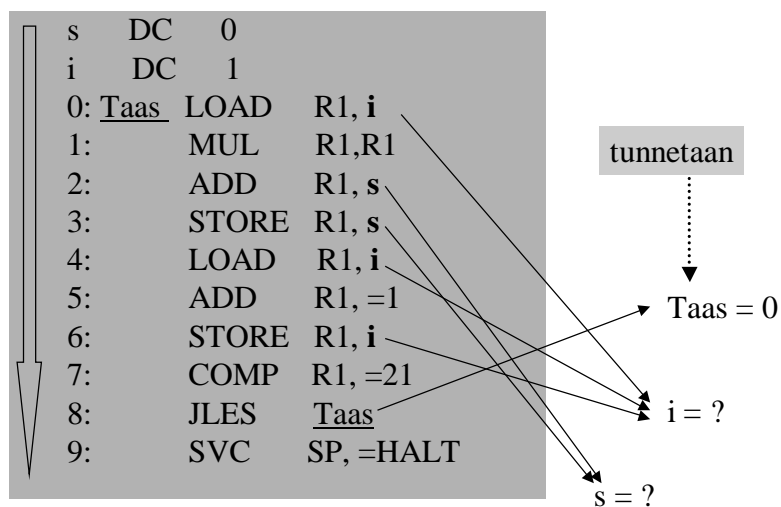
- 2. vaihe
 - generoi lopullinen objektimoduuli ks. Kuva 6.3 [Häkk98]
 - tulosta symbolinen konekielinen listaus ks. Fig. 7-16 [Tane99]
 - generoi taulut linkitystä varten
 - osana objektimoduulia
 - anna virheilmoitukset
- 3. vaihe
 - koodin optimointi
 - voi olla oikeasti ennen 2. vaihetta tai sen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

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

13

Esimerkki: TTK-91 Assembler käänös, 1. vaihe



21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

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	

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

Konekäsyt 2 ja 8

21.4.2004 Teemu Kerola, Copyright 2003 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

21.4.2004 Teemu Kerola, Copyright 2003 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

21.4.2004 Teemu Kerola, Copyright 2003 17

TTK-91 objektimoduuli

Moduulin otsake	(Kuva 6.3 [Häkk98])
EXPORT-hakemisto	
IMPORT-hakemisto	
Uudelleensijoitushakemisto	
Koodi ja alustettu data	
Moduulin lopuke	

21.4.2004 Teemu Kerola, Copyright 2003 18

TTK-91 objektimoduuli

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

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

19

TTK-91 objektimoduuli

- EXPORT-hakemisto
 - tunnukset, jotka näkyvät (eli niihin voi viitata) muille moduuleille
 - rutiinit, aliohjelmat, (oliot, metodit)
 - yhteiskäyttöinen data
 - tunnuksen osoite (= symbolin arvo)
 - mahdollinen käyttöoikeus
 - R/W/E/RW

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

20

TTK-91 objektimoduuli

- **IMPORT-hakemisto**
 - muissa moduuleissa määritellyt tunnukset, joihin viitataan tässä moduulissa
 - 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

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

21

TTK-91 objektimoduuli

- **Uudelleensijoitushakemisto**
 - niiden käskyjen osoitteet, joiden osoiteosaa on korjattava, kun siirrytään moduulien yhteiseen osoiteavaruuteen
 - esim. kaikki IMPORT hakemiston kautta tehdyt viittaukset?
 - esim. kaikki absoluuttiset muistisoitteet?
 - 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

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

22

Korkean tason kielen käänös (2)

- Enemmän vaiheita

- Syntaktisten alkioden etsintä

(front end)

- Syntaksipuun generointi ja jäsenys

- Lauseiden tunnistaminen syntaksipuun avulla

- Välikielen (välikoodin) generointi (ei aina)

Välikieliesitys ja symbolitaulut

- Koodin generointi

(back end)

- ei (yleensä) Java-ohjelmille

Lisää
tietoa?



Kääntäjien
ja ohj. kielten
kurssit

ks. syntaksipuun,
jäsenyspuun
esimerkit

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

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

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

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 ks. Fig. 7-15 [Tane99]
- Etsi kaikki moduulien väliset viitteet, ja aseta kyseisten viitteiden osoitteet oikein

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

25

Muuttujan X viittausten päivitys ⁽³⁾

- Miten löytää linkityksen aikana kaikki (moduulin) kohdat, jossa muuttuun 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?

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

26

Muuttujan X viittaukset linkitettyinä listana ⁽¹⁾

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

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

27

Staattinen linkitys

- 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

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

28

Dynaaminen linkitys

- 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)

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

29

Windows DLL

- 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]

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

30

Windows DLL:n linkityksen kaksi tapaa

- (a) Epäsuora dynaaminen linkitys
- (b) Suora dynaaminen linkitys
- Molemmissa tapauksissa kutsukohdassa oleva koodi on jotain muuta kuin pelkkä kutsu.
- DLL:ssä oleva koodi suoritetaan osana kutsuvaa prosessia käyttäen sen omaa aktivointitietuepinoa

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

31

DLL:n epäsuora dynaaminen linkitys

(implicit linking)

- Kaikki viitatus moduulit ladataan (lataus aloitetaan) virtuaalimuistiin ja niihin viitataan staattisesti linkitetyn pienemmän liitospalikan (import library) avulla
- Kaikki ladataan aina lopulta
- Paljon levyliikennettä
- Nopea ohjelman käynnistys

```
...  
call stubS  
...  
stubS: "wait until load S done"  
call S  
exit
```

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

32

DLL:n suora dynaaminen linkitys

(explicit linking)

- Koodiin generoidaan suoraan viitepaikalle käskyt, joiden avulla linkitys tapahtuu tarvittaessa
- DLL ladataan vain jos siihen tulee viittaus
 - hidas, koska lataaminen alkaa vasta ensimmäisen viittauksen yhteydessä
- Nopea ohjelman käynnistys

```
...
"link S"
"load S"
call S
...
```

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

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 ...

≠
virtuaaliosoite

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

34

Sijainnista riippumaton koodi ⁽³⁾

(position independent code)

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

21.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

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 ready (Ready-to-Run) 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

21.4.2004

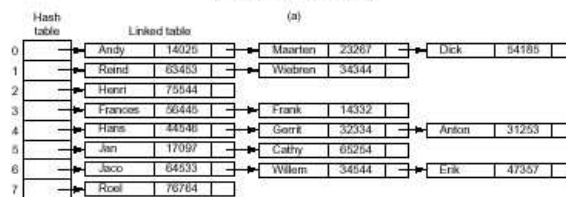
Teemu Kerola, Copyright 2003

36

-- Luennon 10 loppu --

Andy	14025	0
Anton	31253	4
Cathy	65254	5
Dick	54185	0
Erik	47357	6
Francois	56445	3
Frank	14332	3
Garril	32334	4
Hans	44546	4
Henri	75544	2
Jen	17097	5
Jaco	64533	5
Maarten	23287	0
Rand	63453	1
Roel	78784	7
Willem	34544	6
Wimbron	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]