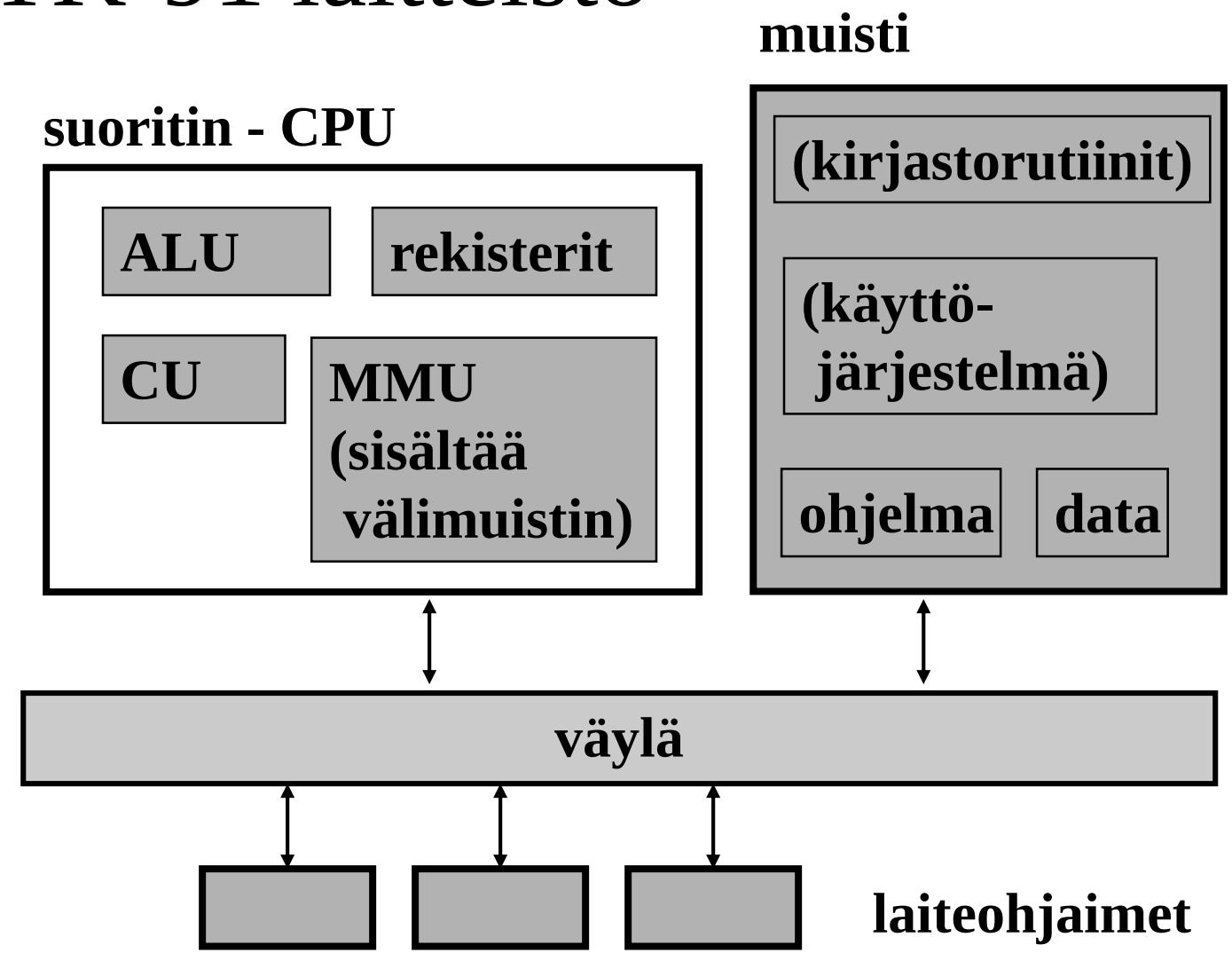
Luento 12

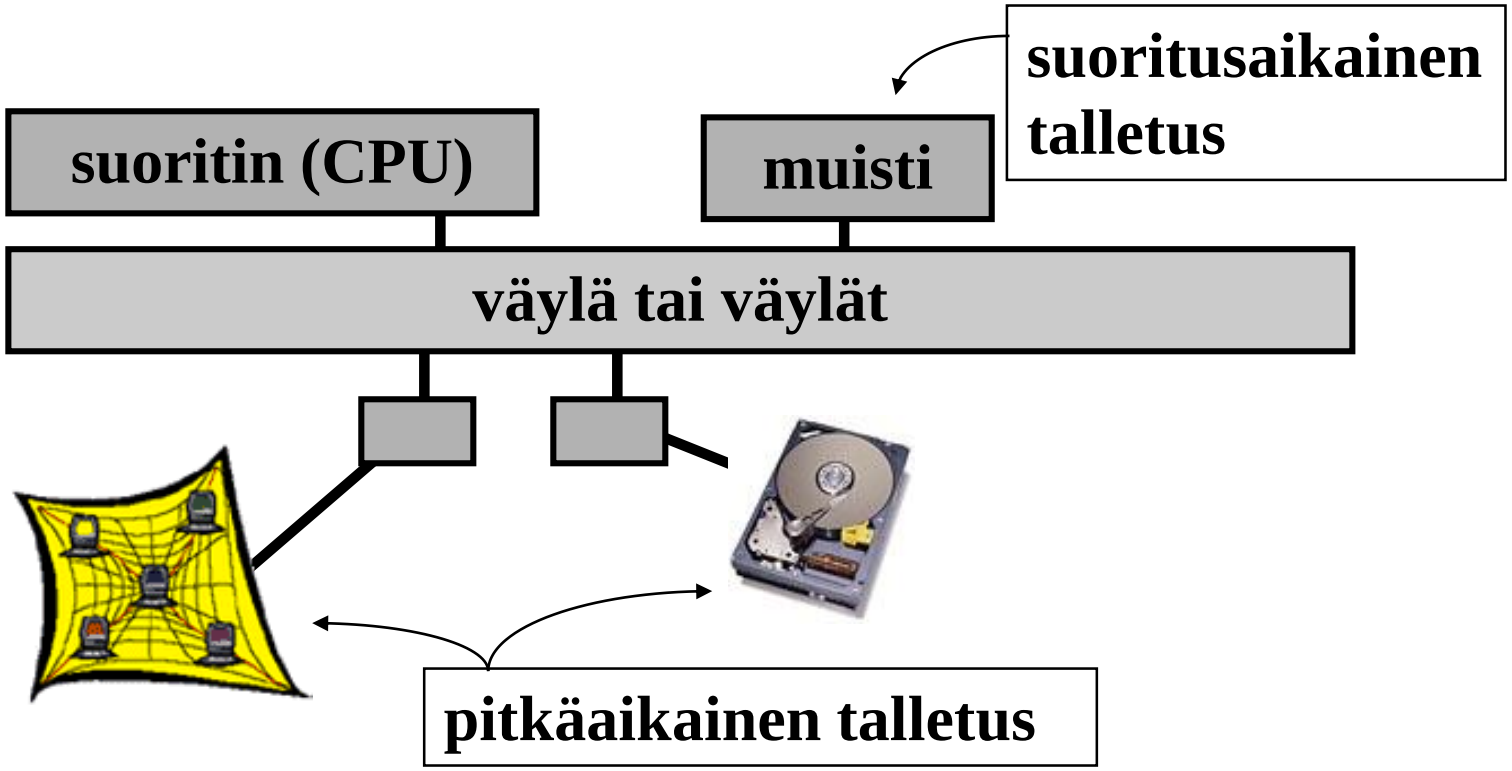
Kertaus ja yhteenveto
Tietokoneen toiminta

TTK-91 laitteisto



Tietokoneohjelman sijainti

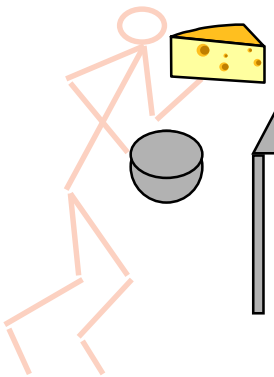
- Suoritusaikana muistissa
- Muuna aikana esim. levyllä, verkossa, tms.



Nopeuserot: Teemun juustokakku

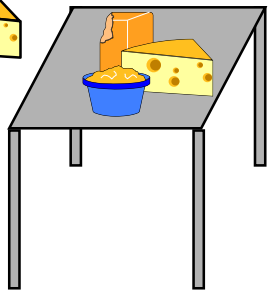
Rekisterien, välimuistin, muistin, levymuistin ja magneettinauhan nopeudet suhteutettuna juuston hakuaikaan juustokakkua tehdessä?

käsi



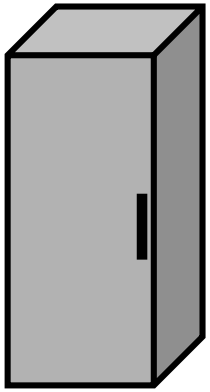
0.5 sek (rekisteri)

pöytä



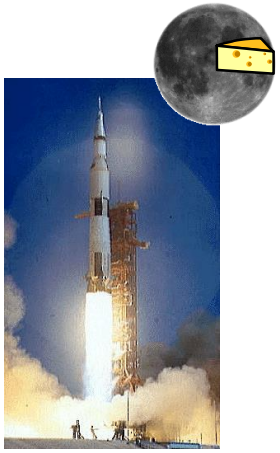
1 sek (väli-muisti)

jääkaappi



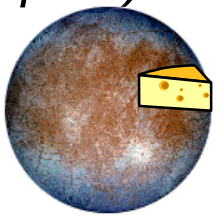
10 sek (muisti)

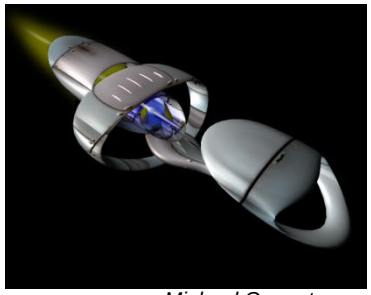
kuu



12 pv (levy)

Europa (Jupiter)





Michael Crumpton

4 v (verkko,ihminen)

2008:	0.5 ns?	10 ns?	4 ms? (50 pv?)	1 s? (n 65 v?)

Ohjelman esitysmuoto: symbolinen konekieli

- Usein <u>symbolisella konekielellä</u>
  - käsky jaettu osiin (kenttiin)
  - joidenkin kenttien arvot kuvattu symboleilla
  - helpompi ihmisten lukea ja kirjoittaa

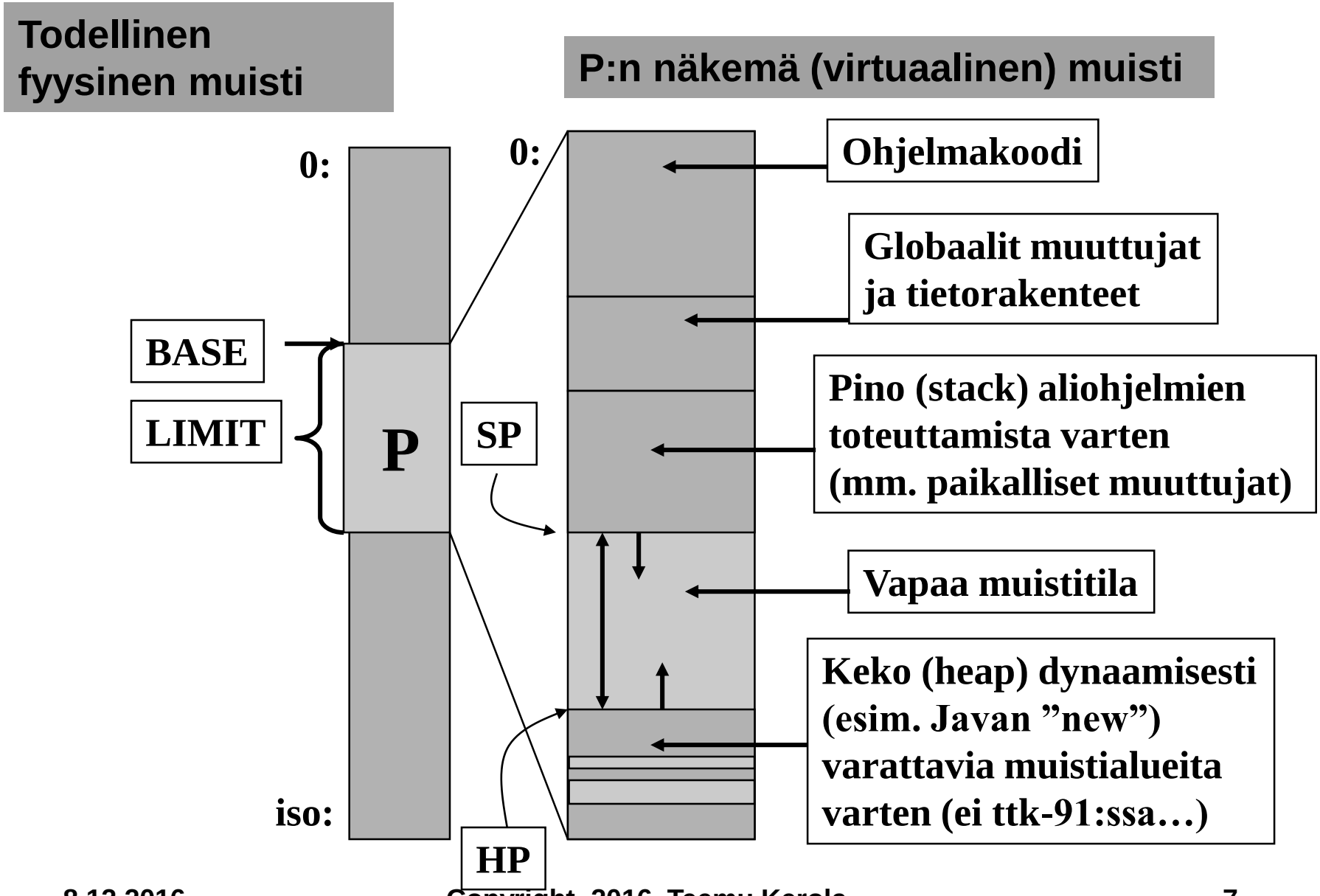
Symb. konekieli	Konekielinen käsky				
LOAD R2, =100	0000 0010	000	00	010	0000 0000 0110 0100
LOAD R1, 100	0000 0010	001	01	000	0000 0000 0110 0100
DIV R1, R2	0001 0100	001	00	010	0000 0000 0000 0000
JZER 6	0010 0010	000	00	000	0000 0000 0000 0110
STORE R1, 228	0000 0001	001	00	000	0000 0000 1110 0100
NOP	0000 0000	000	00	000	0000 0000 0000 0000

Tiedon sijainti suoritusaikana

Miten tietoon viitataan eri paikoissa?

- Rekisteri (nopein)
  - kääntäjä päättää milloin muuttujan arvo on rekisterissä
- Välimuisti (nopea)
  - laitteisto hoitaa automaattisesti joillekin muistialueille
- Muisti (hidas)
  - kääntäjä/lataaja valitsee sijaintipaikan
    - globaali data ohjelman latauksen yhteydessä
    - vakiot konekäskyssä
  - ohjelma sijoittaa suoritusaikana
    - aliohjelmien paikalliset muuttujat, parametrit
  - käyttöjärjestelmä sijoittaa suoritusaikana
    - dynaaminen data keossa suorituksen aikana
- Levy, levypalvelin (liian hidas, ei mahdollista)
  - vaatii käyttöjärjestelmän varusohjelmien apua

Muistitilan käyttö ohjelmalle P



Konekielinen ohjelmointi

```
I        DC     0
         …
         LOAD  R1, =20
         STORE R1, I

         LOAD  R2, =0
         LOAD  R1, I
         STORE R2, T(R1)

         LOAD  R1, I
         ADD   R1, =1
         STORE R1, I

         LOAD  R3, I
         COMP  R3, =50
         JLES  Loop
```

```
for (int i=
        T[
```

muuttujat, vakiot
taulukot (2D), tietueet

muistissa, rekisterissä?

valinta, loopit
aliohjelmat, SVC:t
parametrit,
paikalliset muuttujat

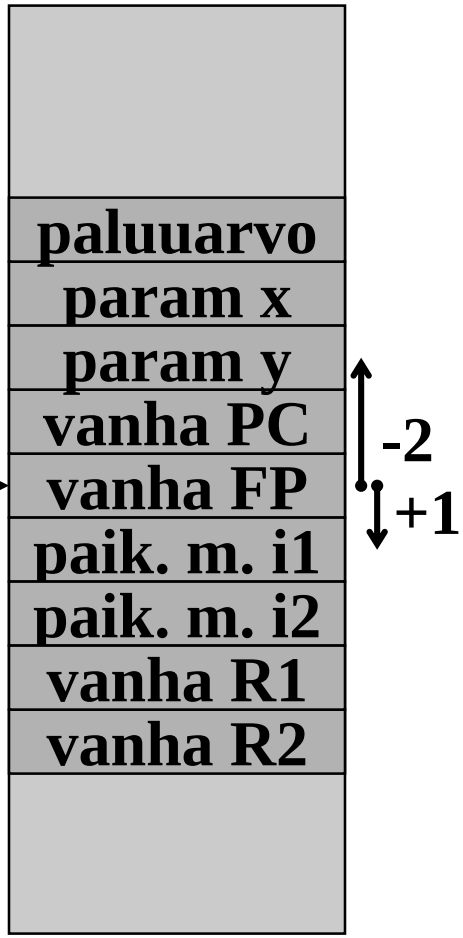
Aliohjelmat, funktiot

- Parametrien ja paluuarvon tyypit
- Parametrien ja paluuarvon välitys
- Paikallisten muuttujien käyttö
- Rekistereiden talletus ja arvon palautus
- Kutsun ja paluun toteutus
- Aktivointitietue, AT-pino

Aktivointitietue (Aktivointitietuepino)

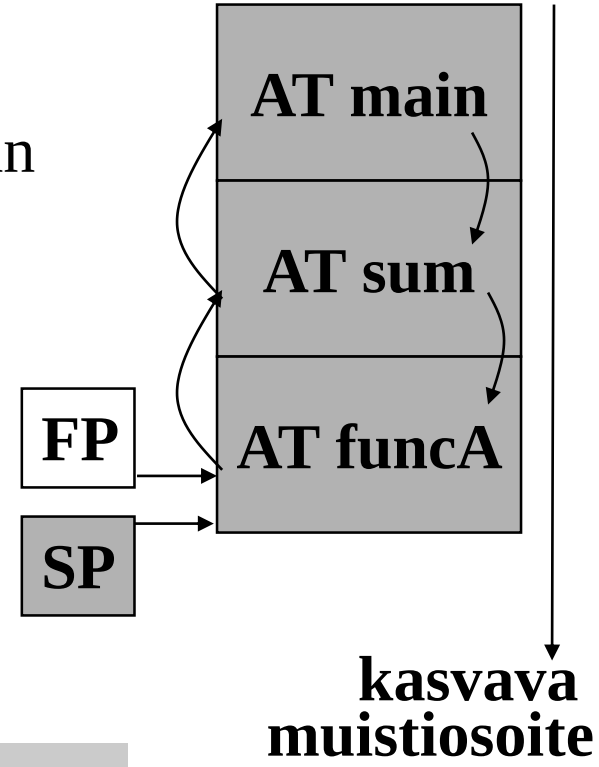
Parametrien tyyppi?
arvo-, viite- ja nimiparametrit

- Aliohjelman toteutusmuoto (ttk-91)
  - funktion paluuarvo (tai kaikki paluuarvot)
  - kaikkien (sisäänmeno- ja ulostulo-) parametrien arvot
  - paluuosoite
  - kutsukohdan aktivointitietue
  - kaikki paikalliset muuttujat ja tietorakenteet
  - aliohjelman ajaksi talletettujen rekistereiden alkuperäiset arvot



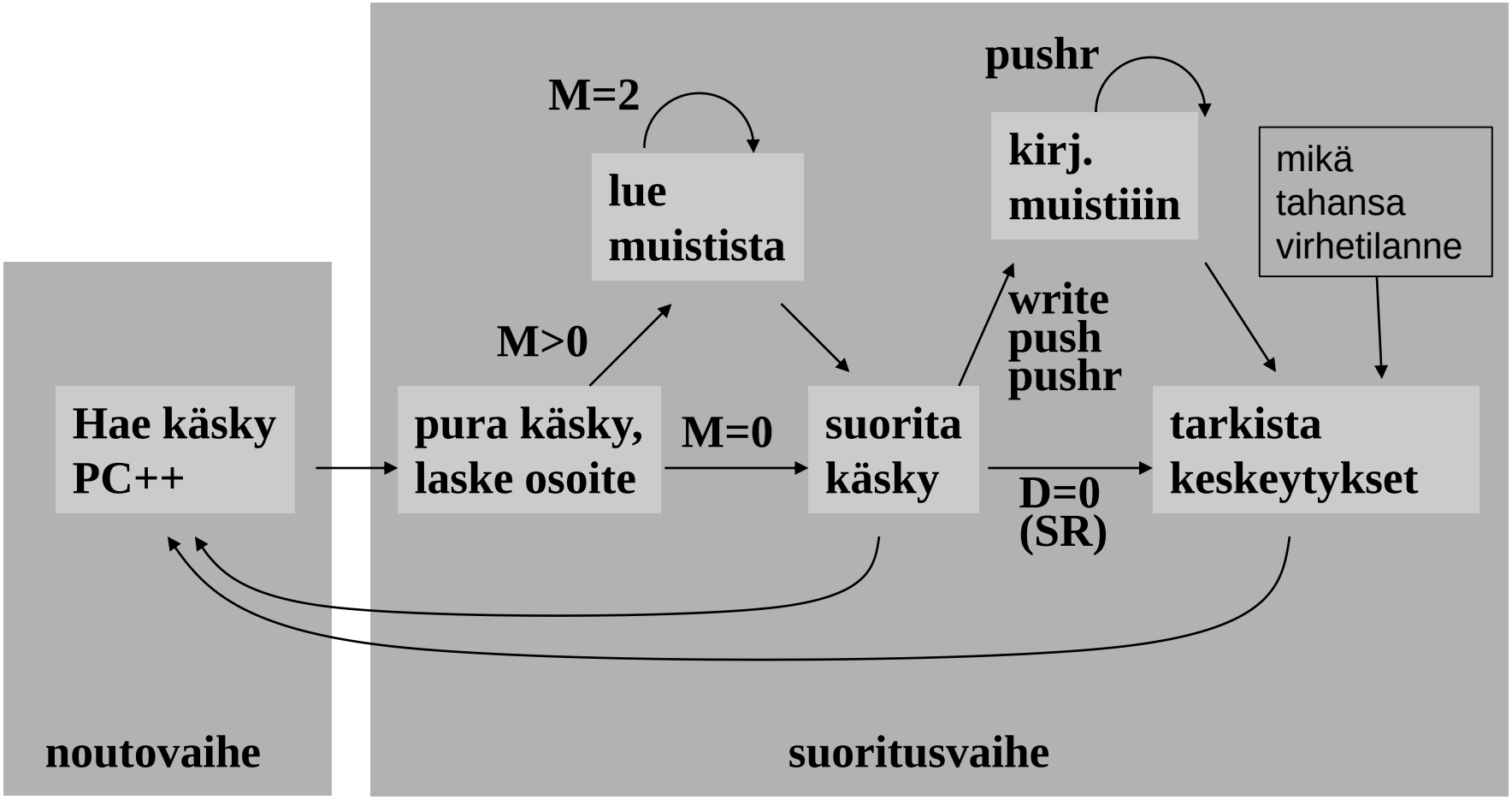
Aktivointitietue pino muistissa

- Aktivointitietueet (AT) varataan ja vapautetaan dynaamisesti (suoritusaikana) pinosta (muistista)
  - SP (=R6) osoittaa pinon pinnalle
- Aktivointitietuepino
  - FP (R7) osoittaa voimassa olevan AT:n <u>sovittuun kohtaan</u> (ttk-91: vanhan FP:n osoite)
- Pinossa olevaa AT:tä raken-netaan ja puretaan käskyillä:
  - PUSH, POP, PUSHR, POPR
  - CALL, EXIT (SVC, IRET)

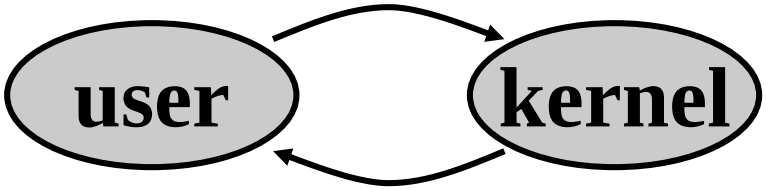


Talleta R0-R5 pinoon

Käskyjen nouto- ja suoritussykli



Suorittimen suoritustilat



- Käyttäjätila **(user mode, normal mode)**
  - voi käyttää vain tavallisia käskyjä
  - voi viitata vain käyttäjän omaan muistiavaruuteen (MMU valvoo)
- Etuoikeutettu tila tai (KJ:n) ytimen tila

  (kernel mode, privileged mode, supervisor mode)
  - voi käyttää <u>kaikkia konekäskyjä</u>, myös etuoikeutettuja (esim. clear_cache, iret)
  - voi <u>viitata kaikkialle muistiin</u>, myös käyttöjärjestelmän ytimeen (kernel)
    - voi käyttää (myös) suoria muistiosoitteita (PA, physical address)

Miten ja milloin tila vaihtuu

Keskeytyskäsittelijä

- Tärkeä osa käyttöjärjestelmää
- Ennen keskeytyskäsittelijään hyppäämistä laitteisto asettaa suorittimen etuoikeutettuun suoritustilaan **(supervisor state)**
  - SR:n bitti P on päällä => etuoikeutettu tila eli (P = Priviledged) käyttöjärjestelmä tila
  - käyttöjärjestelmätilassa saa viitata mihin tahansa kohtaan muistia (MMU: BASE=0, LIMIT=”hyvin iso”)
  - käyttöjärjestelmätilassa saa käyttää kaikkia konekäskyjä (esim. IRET tai ClearCache)
- Käsittelijästä paluun yhteydessä MMU:n tila ja suorittimen tila (bitti P) asetetaan ennalleen

Tiedon esitysmuodot

1/8 = 0.1250
1/16= 0.0625
0.1875

"+"	"15"	"0.1875" = "0.0011"
sign	exponent	mantissa or significand

kokonaisluvut
liukuluvut
merkit
merkkijonot
(kuvat)
(äänet)

ei-standardoitu tieto?

suorittimen ymmärtämä tieto?

1 e

2 v

3 m (i

että ...

mantissa	eksponentti
0.0011	"15"
1.1000	"12"
1000	"12"

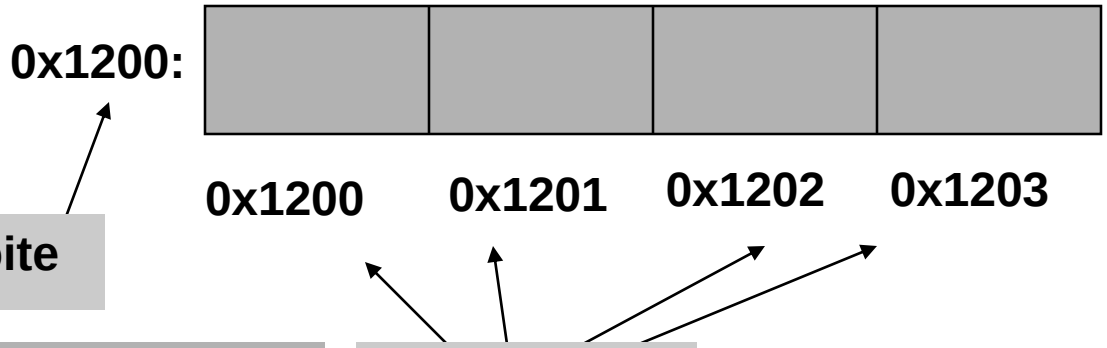
bitin mantissa!

Tiedon tyypit

- Kommunikointi ihmisen kanssa
  - kuva, ääni, merkit, …
- Laitteiston sisäinen talletus
  - kuvaformaatit, ääniformaatit, pakkausstandardit, ...
  - kokonaisluvut, liukuluvut, merkit, merkistöt
  - ohjelmat
- Suorittimen omana lajinaan ymmärtämät tyypit
  - on olemassa <u>konekäskyjä</u> tälle tietotyypille
  - kokonaisluvut
  - liukuluvut (useimmat suorittimet nykyään)
  - totuusarvot (jotkut suorittimet)
  - merkit (jotkut suorittimet)
  - konekäskyt

Big vs. Little Endian

- Miten monitavuiset arvot talletetaan?

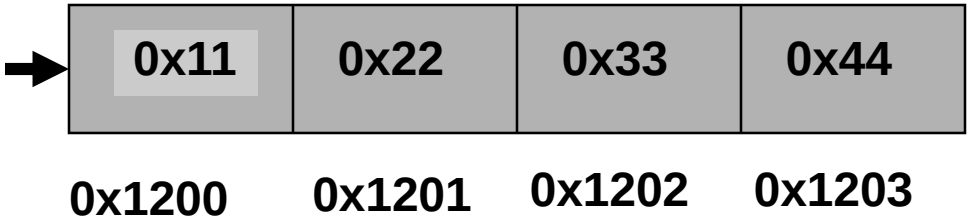


Sanan osoite

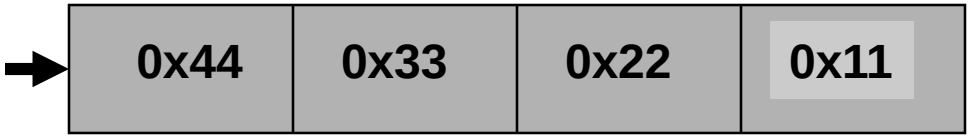
talleta 0x11223344 ??

tavuosoitteet

Big-Endian: eniten merkitsevä tavu pienimpään osoitteeseen



Little-Endian: vähiten merkitsevä tavu pienimpään osoitteeseen



Negatiiviset kokonaisluvut

- Etumerkkibitti erikseen
- Yhden komplementtiesitys
- Kahden komplementtiesitys
- Vakiolisäys
  - Esim. lisää 127 ($=2^7 - 1$)
    - yleensä: $2^{\text{bittilkm}-1} - 1$
  - Talleta etumerkittömänä

arvo **talletus**

+57 = 0011 1001

sign bit = MSB
= most significant bit

luku **-57 = 1011 1001** **talletus-muoto**

-57 = 1100 0110

"sign" bit

+1

-57 = 1100 0111

"sign" bit

-57 = 0100 0110

-57 + 127 =70

127 = 0111 1111

+57 = 1011 1000

+57+127=184

IEEE 32-bit FP Standard

1/8 = 0.1250
1/16= 0.0625
0.1875

"+"	"15"	"0.1875" = "0.0011"
sign	exponent	mantissa or significand

- 23 bittiä mantissalle siten, että ...

1) Binääripiste (.) on heti ensimmäisen bitin jälkeen

2) Mantissa on <u>normalisoitu</u>: vasemmanpuolimmainen bitti on 1

3)Vasemmanpuolimmaista (eniten merkitsevä) bittiä (1) <u>ei talleteta</u> (implied bit, piilobitti)

24 bitin mantissa!

mantissa	eksponentti
0.0011	"15"
1.1000	"12"
1000	"12"

Miksi käytetään piilobittiä?

+6144.0 = 1 1000 0000 0000.0 = $0.0011 * 2^{15}$ = $+1.1 * 2^{12}$

Tiedon muuttumattomuus

- Virheitä tapahtuu
- Otetaan mukaan ylimääräisiä bittejä, joiden avulla virheitä voidaan havaita ja ehkä myös korjata
- Järjestelmä suorittaa tarkistukset automaattisesti joko laitteistotasolla tai ohjelmiston avulla

Virheen korjaava Hamming koodi

	oikein		virheellinen	
Data:	100 1100	→	110 1100	(parillinen pariteetti)
Bitti nro:	765 4321		765 4321	

1
1
11
1
1 1
11
111

Pariteettibitti 1 tarkistaa bittejä 1, 3, 5, 7

Pariteettibitti 2 tarkistaa bittejä 2, 3, 6, 7

Pariteettibitti 4 tarkistaa bittejä 4, 5, 6, 7

Tapahtuu virhe: bitti 6 muuttuu (flips)

Pariteettibitti 2 tarkistaa bittejä 2, 3, 6, 7: VIRHE

Pariteettibitti 4 tarkistaa bittejä 4, 5, 6, 7: VIRHE

2+4 = 6 ⇒ korjaa bitti nro 6

Virheiden tarkistusmenetelmien käyttöalueet

- Mitä lähempänä suoritinta, sitä tärkeämpää tiedon oikeellisuus on
- Sisäinen väylä, muistiväylä
  - virheet lennossa korjaava Hamming koodi
- Paikallisverkko
  - uudelleenlähetyksen vaativa CRC
  - kun tulee virheitä, niin niitä tulee yleensä paljon
    - Hamming koodi ei riitä kuitenkaan
    - pariteettibitti päästää läpi (esim.) 2 virheen paketit

RAM:n kaksi eri teknologiaa

- DRAM: dynaaminen RAM, halvempi, hitaampi, tietoja pitää virkistää vähän väliä (esim. joka 2 ms)
  - tavallinen keskusmuisti (1975-..) useimmissa koneissa
  - toteutettu kondensaattoreilla, jotka ”vuotavat” …
- SRAM: staattinen RAM, kalliimpi (~10-20x), nopeampi (~10-50x), vie tilaa enemmän, ei vaadi tietojen virkistämistä
  - välimuisti useimmissa koneissa
  - muisti superkoneissa (esim. Cray C-90)
  - toteutettu samanlaisilla logiikkaporteilla (gate) kuin prosessorikin

Muisti-hier-arkia

- Flash?
- SSD?
- Levypal-velin?
- Pilvi?

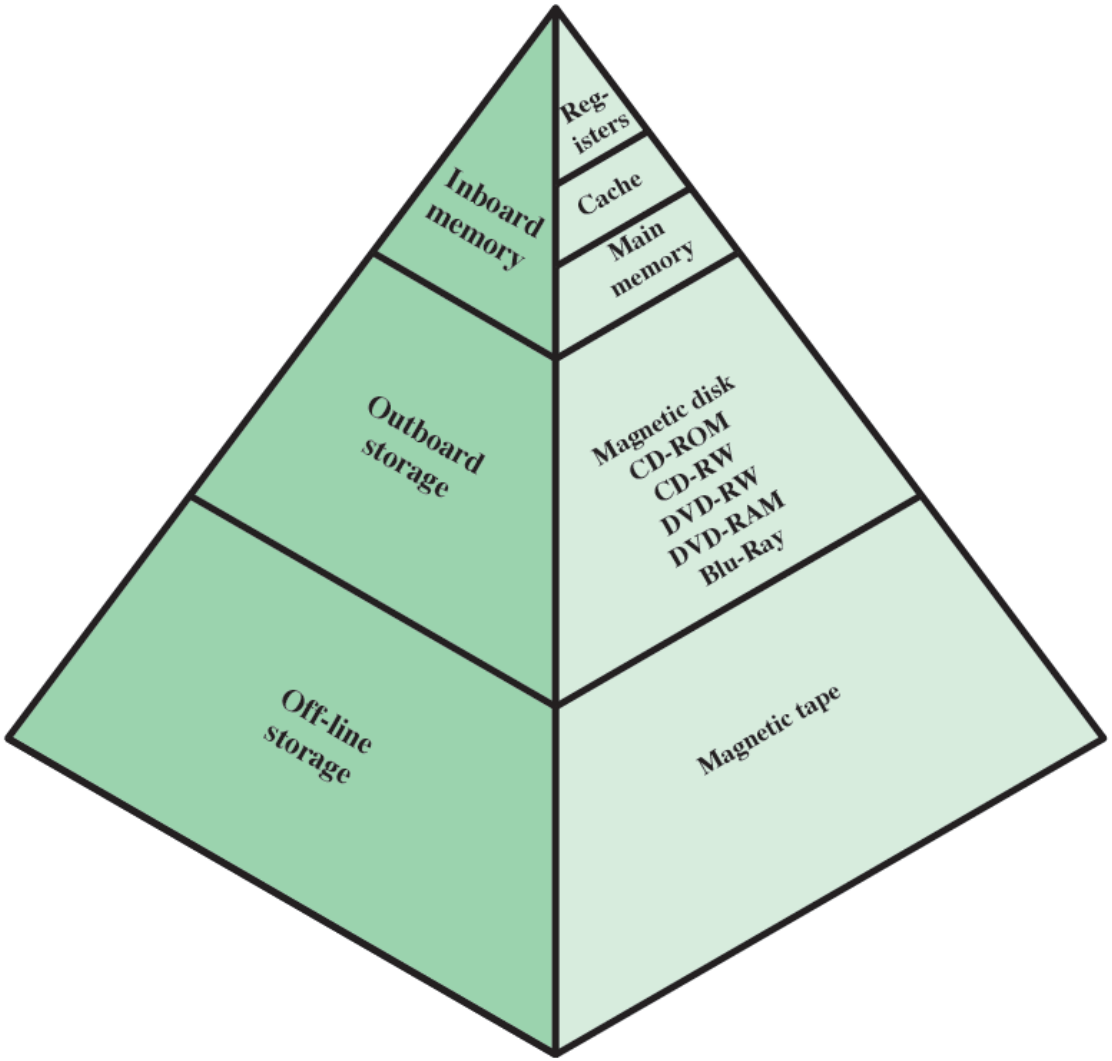
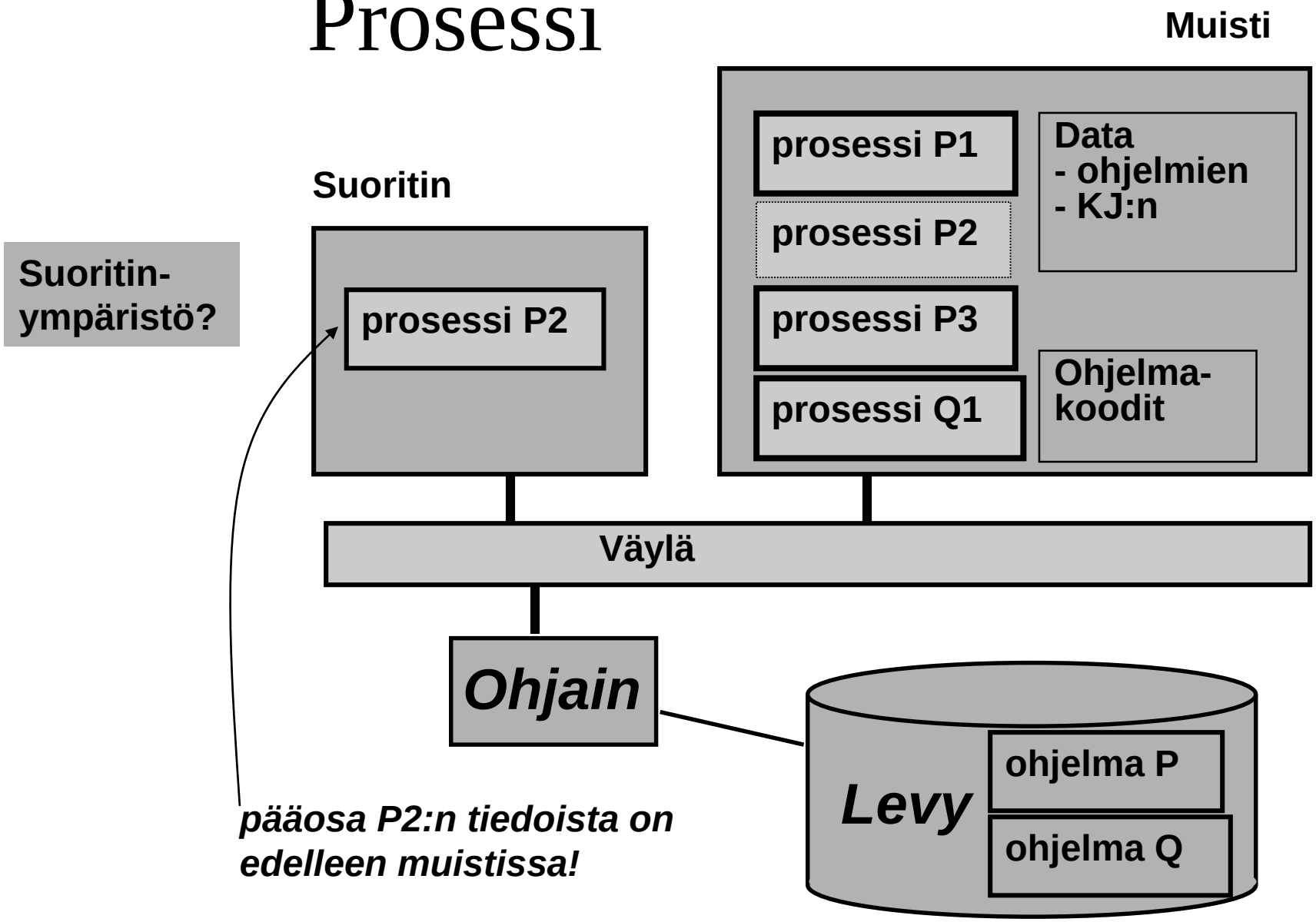
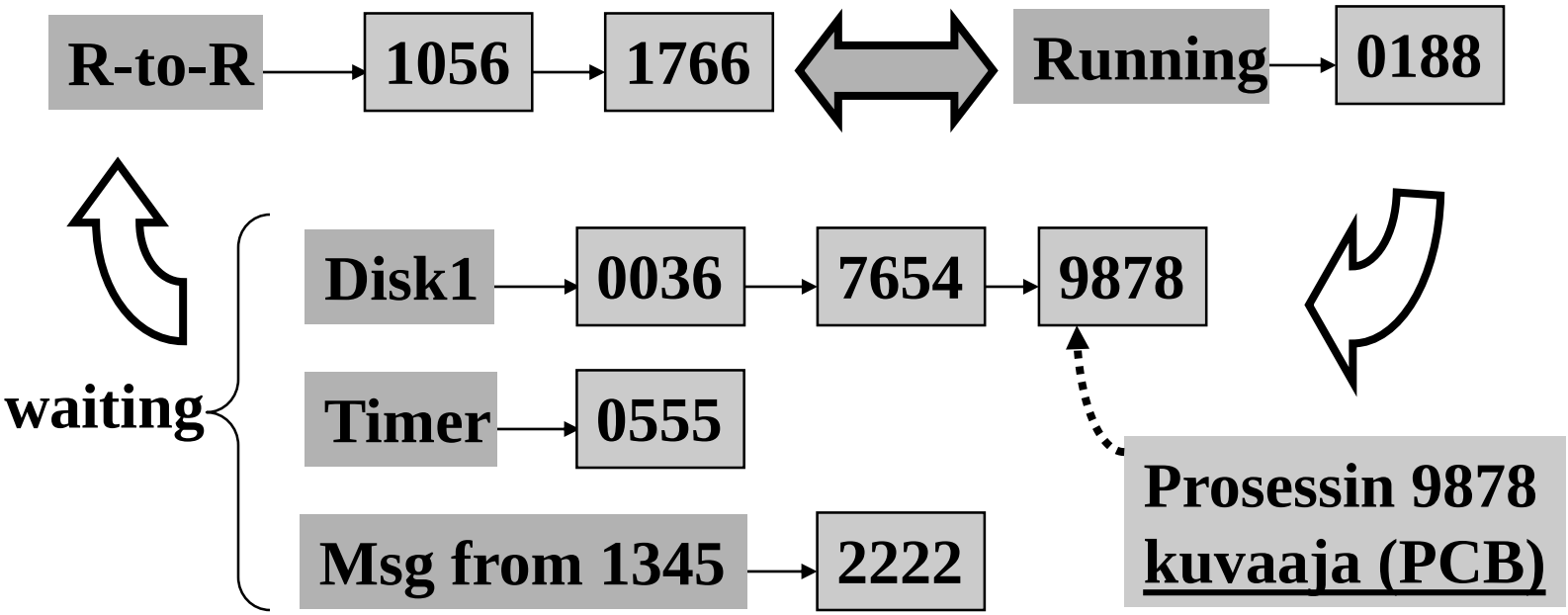


Figure 4.1 The Memory Hierarchy

Prosessi


Muisti
prosessi P1
prosessi P2
prosessi P3
prosessi Q1
Data
- ohjelmien
- KJ:n
Ohjelma-
koodit
Suoritin
prosessi P2
Suoritin-
ympäristö?
Väylä
Ohjain
Levy
ohjelma P
ohjelma Q
pääosa P2:n tiedoista on
edelleen muistissa!

Prosessit jonoissa ja PCB



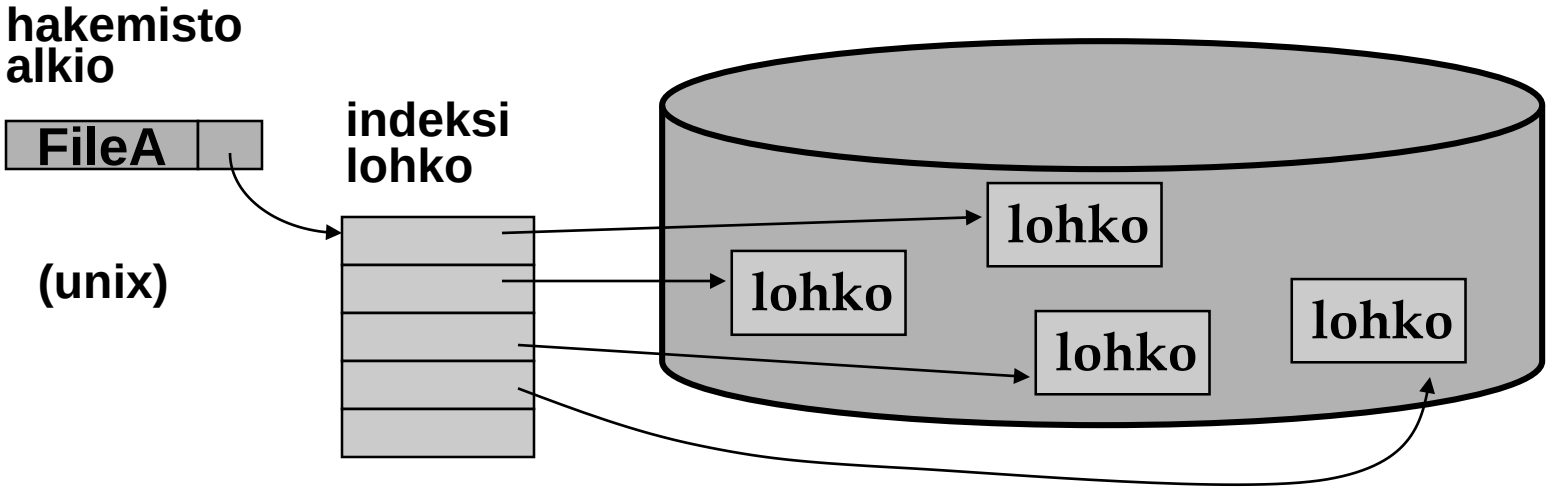
Vuoronanto:
valitse seuraava prosessi Ready-to-Run -jonosta ja
siirrä se suoritukseen CPU:lle
(kopioi tämän prosessin suoritinympäristö suorittimelle)

Käyttöjärjestelmän rakenne

- Prosessien hallinta
- Muistin hallinta
- Tiedostojen ja laitteiden hallinta
- Verkon hallinta

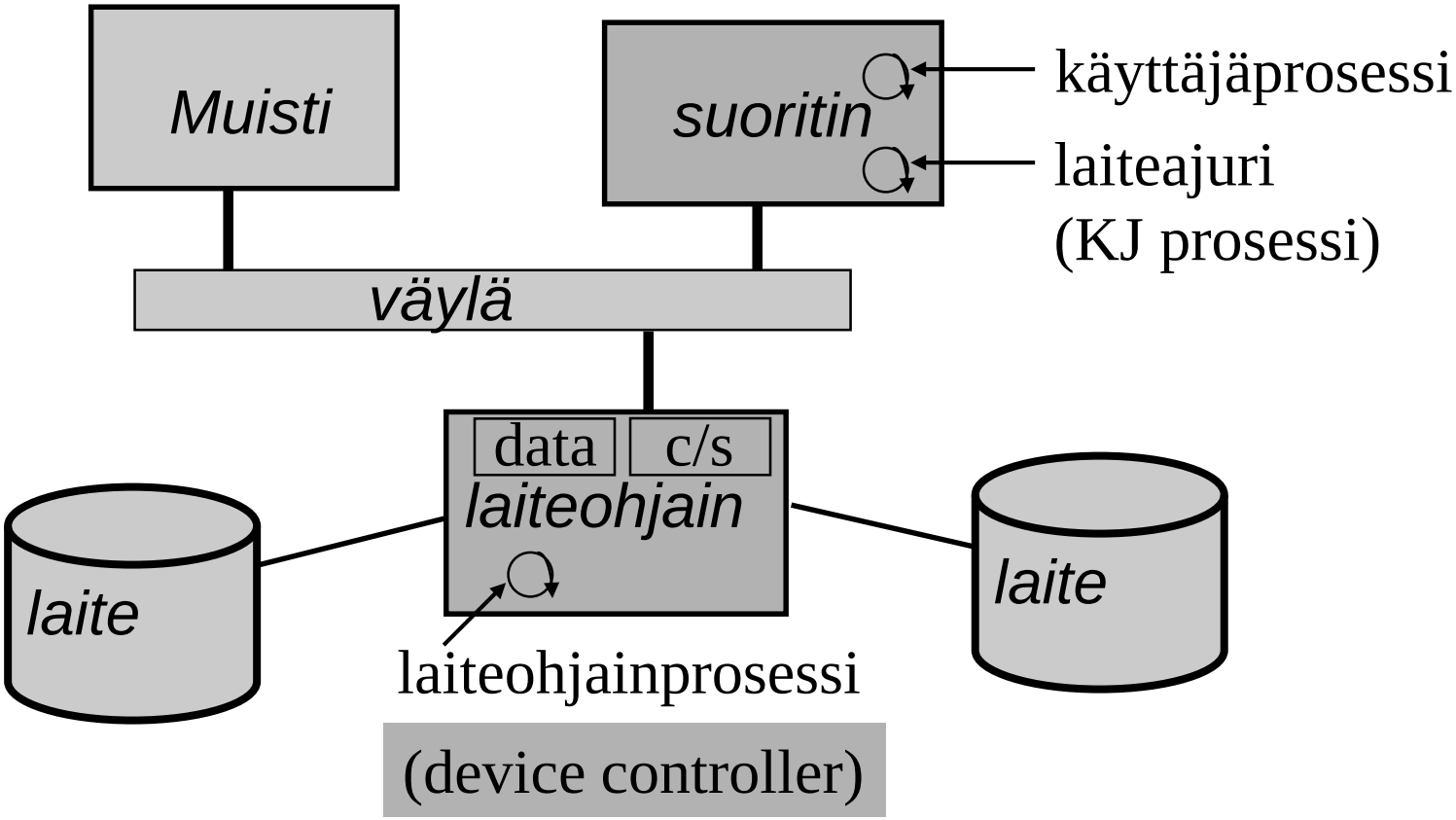
Tiedoston talletus levylle

- Tiedosto koostuu useista lohkoista
  - lohko = 1 tai usea levyn sektori
- Levyn hakemisto
  - tiedoston lohkot
  - luetaan lohkot annetussa järjestyksessä

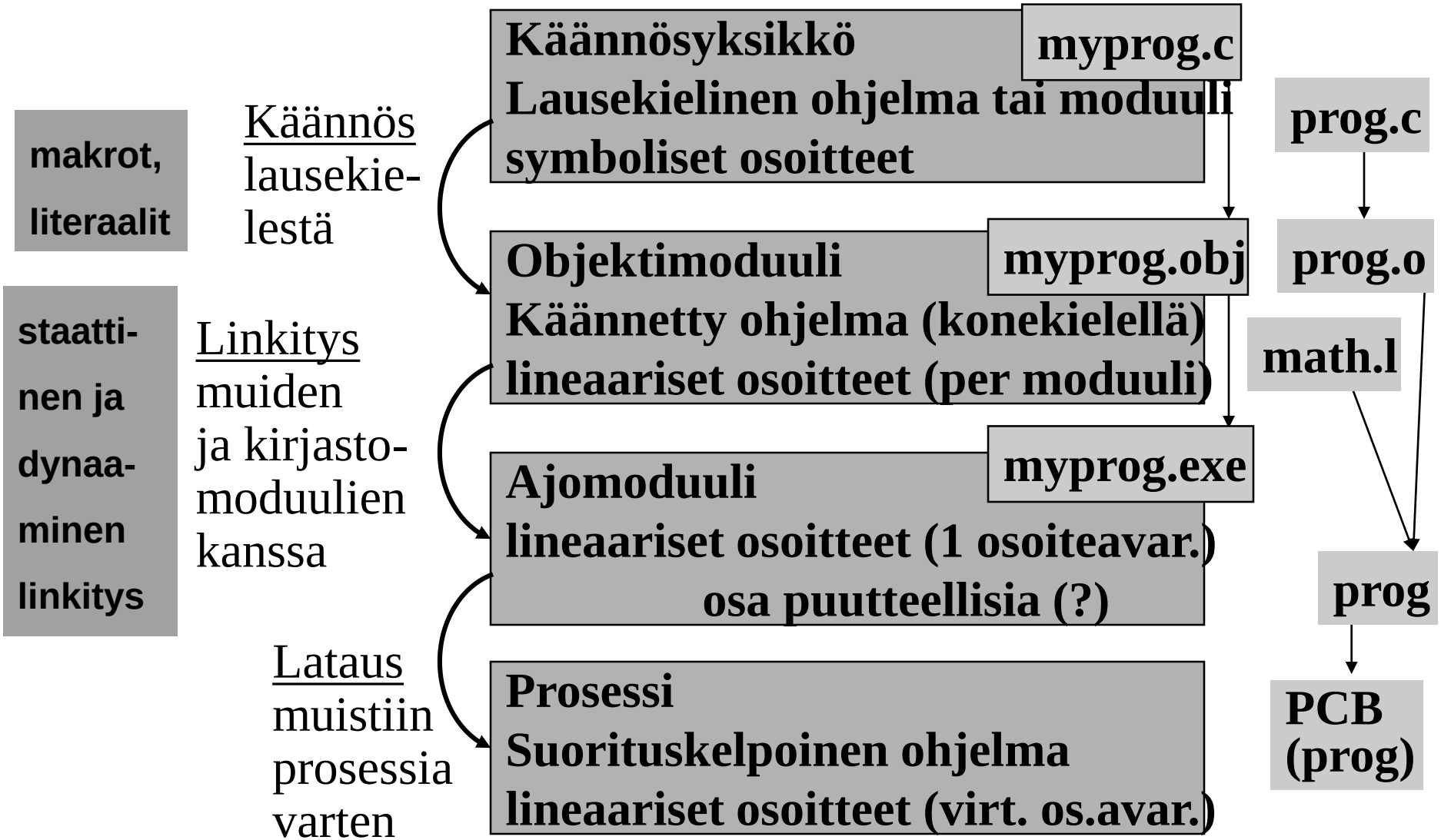


I/O:n toteutus, laiteohjain ja laiteajuri

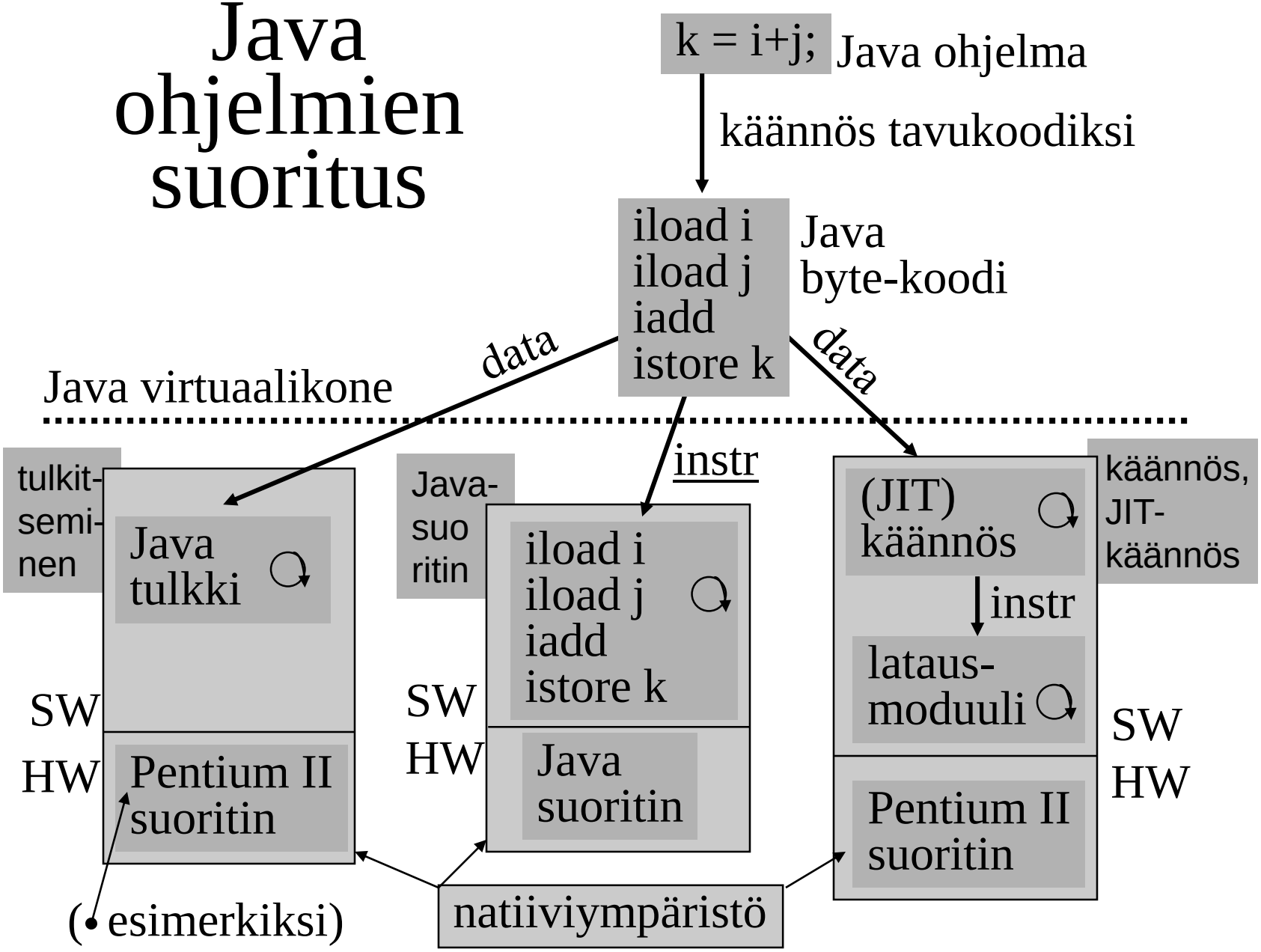
Suora I/O
Epäsuora I/O
DMA I/O



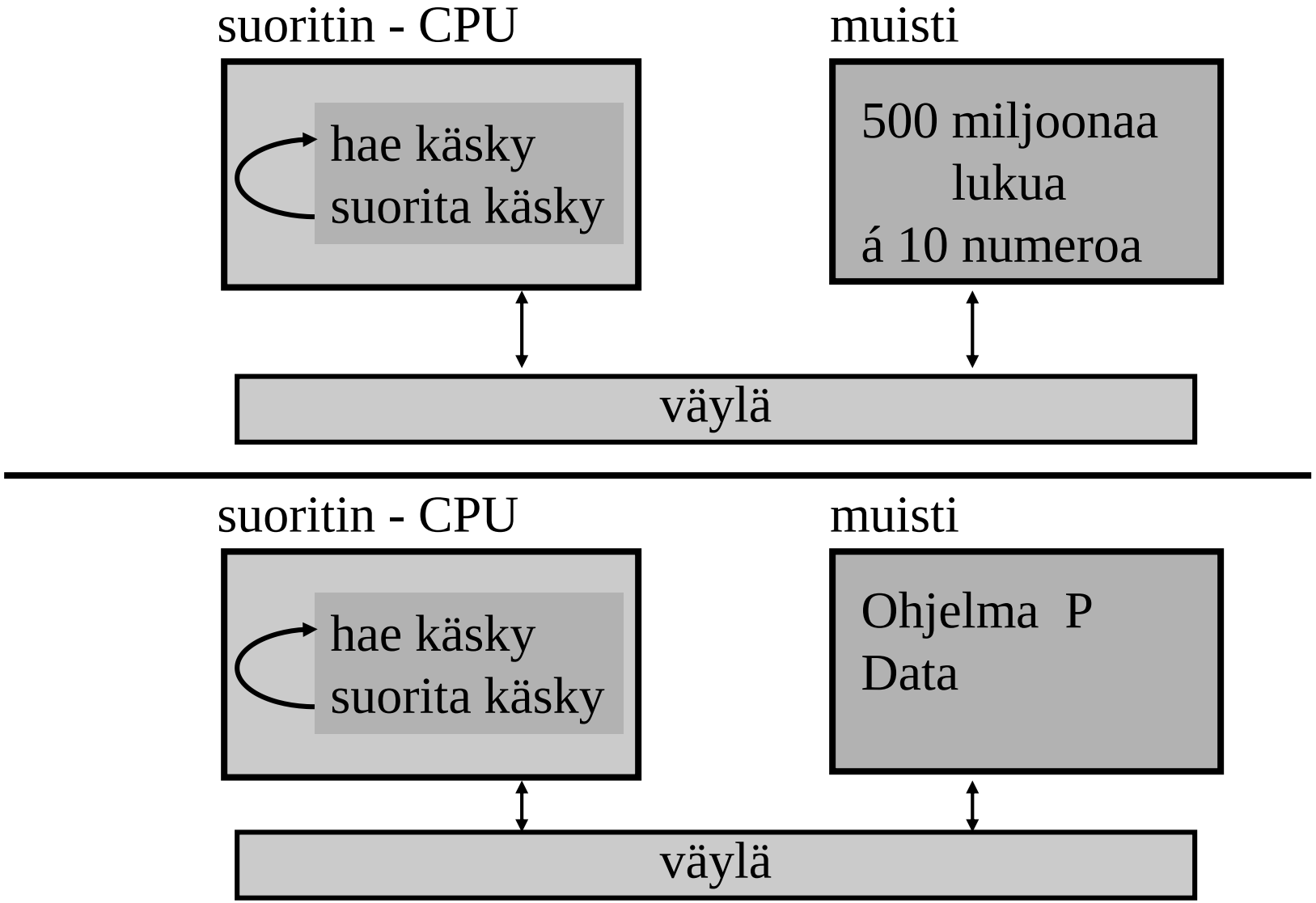
Lausekielestä suoritukseen



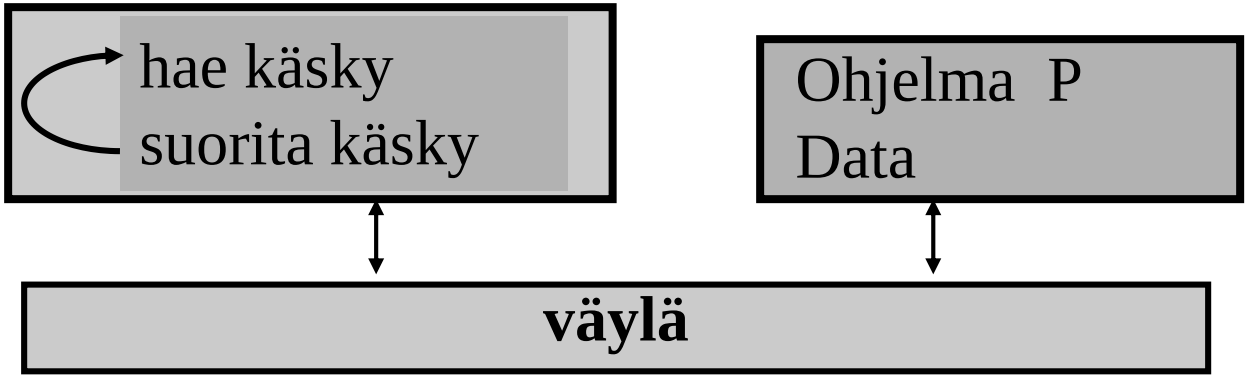
Java ohjelmien suoritus



Laskennan teorian perusta (2)



Laskennan teoriaa … (5)



Muistin sisältö
<u>ennen</u> P:n suoritusta:

X = hyvin iso kokonaisluku
(500M numeroa?)

Muistin sisältö P:n
suorituksen <u>jälkeen</u>:

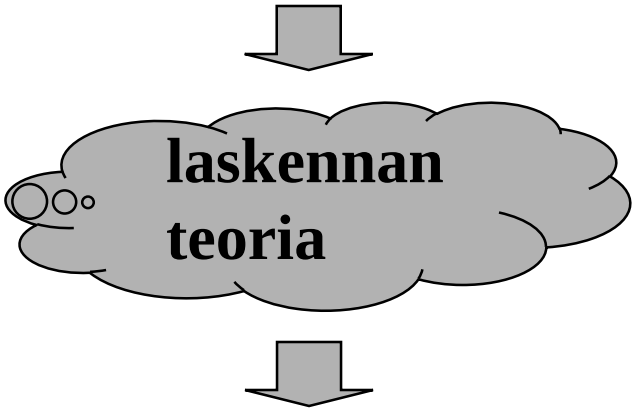
Y = joku toinen hyvin iso luku

P on kokonaislukuarvoinen funktio $P: \mathbf{N} \rightarrow \mathbf{N}$

P:n esitysmuoto muistissa: iso kokonaisluku $P \in \mathbf{N}$

Laskennan teoriaa ...

- Mielivaltaisten ohjelmien ominaisuuksia voi päätellä <u>kokonaislukujen ja niiden välisten funktioiden</u> ominaisuuksista



- **Todistettuja lauseita ohjelmien ominaisuuksista**
  - **pätevät <u>kaikille</u> tietokoneille**
  - **pätevät <u>aina</u>: nyt ja tulevaisuudessa**

Laskennan teoriasta ja algoritmianalyysistä todistettuja lauseita (4)

- Valitaanpa mikä tahansa aikaraja tai muistin koko, niin aina on olemassa sellainen ongelma, että
  - (1) siihen on olemassa ratkaisu ja
  - (2) kaikki ongelman ratkaisevat ohjelmat vievät enemmän aikaa tai muistitilaa kuin ennalta annettu raja
- On olemassa sellaisia ongelmia, että niitä ei voi ratkaista millään tietokoneella
- On olemassa suuri joukko tunnettuja vaikeita ongelmia, joista ei vielä tiedetä, kuinka vaikeita ne oikeastaan ovat

$$\mathbf{P \stackrel{?}{=} NP}$$

--

Luennon
ja
koko kurssin
loppu

--

http://lue.kurssikokeeseen.edu/ajoissa.html