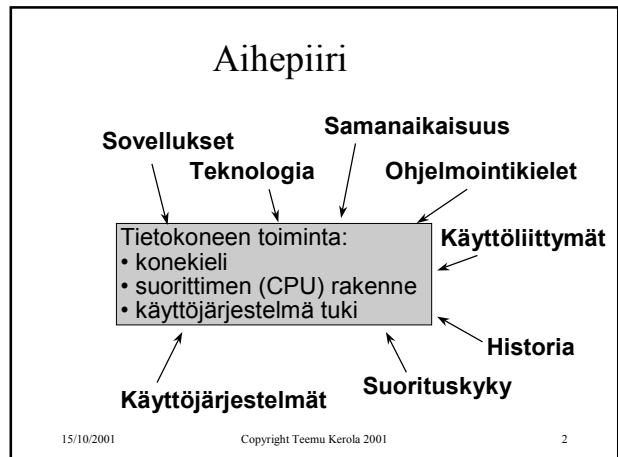


581305-6  
Tietokoneen toiminta  
(Computer Organization I)

Teemu Kerola  
Helsingin yliopisto  
Tietojenkäsittelytieteen laitos

Syksy 2001

15/10/2001 Copyright Teemu Kerola 2001 1



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

- Ymmärtää tietokonejärjestelmän keskeiset piirteet sillä suoritettavan ohjelman näkökulmasta
- Miten tietokonejärjestelmä suorittaa sille annettua ohjelmaa?
- Minkälaista koodia suoritin ymmärtää?
- Mikä on käyttöjärjestelmän rooli?

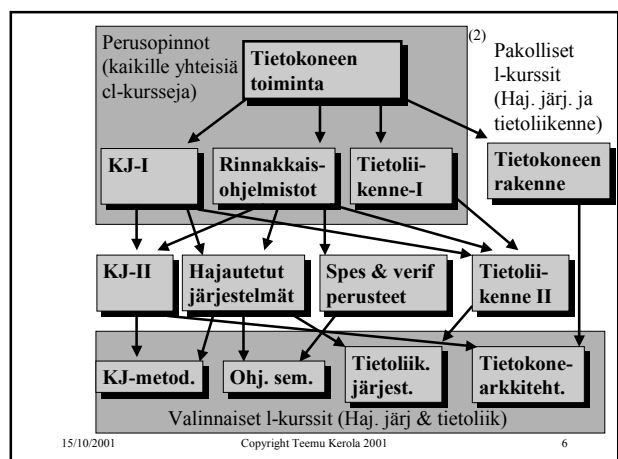
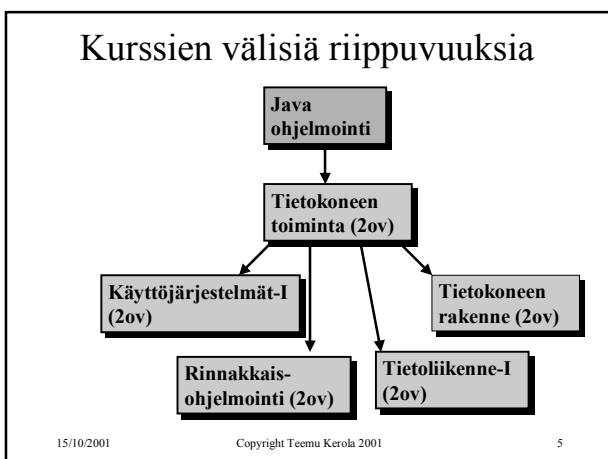
15/10/2001 Copyright Teemu Kerola 2001 3

### Mitä hyötyä tästä on? <sup>(3)</sup>

- Ohjelman suoritusnopeus perustuu suorittimen (CPU) suorittamiin konekäskyihin, ei pelkästään ohjelman korkean tason esitysmuotoon
- Ylemmän tason asioiden ymmärtäminen on helpompaa (mahdollista), kun ymmärtää alemman tason asiat

Miksi Java ohjelma (byte koodi) kannattaisi kääntää?  
 Mitä Java ohjelmien kääntäminen tarkoittaa?  
 Mitä Java ohjelmien suorittaminen tarkoittaa?  
 Mitä C ohjelmien suorittaminen tarkoittaa?

15/10/2001 Copyright Teemu Kerola 2001 4



## TiTo (2ov), suoritusmuodot <sup>(2)</sup>

- Luentokurssi
  - luennot, luentokalvot Tämä kurssi
  - luentomoniste, kirjat, laskuharjoitukset
  - kurssikuulustelu (luentojen jälkeen)
    - vain luentokurssiin aktiivisesti osallistujille
- Erilliskoe
  - kirjoista [Stal99 ja Tane99] kurssikuvauksessa mainitut osat
  - ohjelmointi TTK-91 symbolisella konekielellä
  - KOKSI:n käyttö

15/10/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

7

## Tavanomaisen luentokurssin suoritus <sup>(6)</sup>

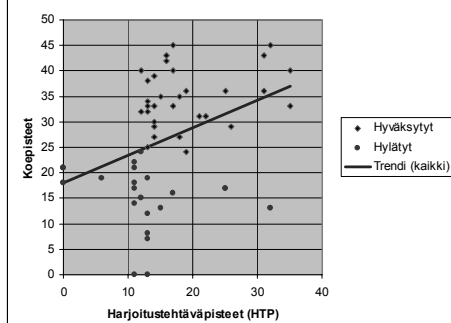
- Luennot 4t / vk ?
  - luentokalvot verkossa, kopioi etukäteen
  - opi perusasiat kunnolla luennolla
- Lue kirjasta samat asiat
  - vähän eri tavalla esitettyinä } 6t / vk ?
- Tee laskuharjoitukset
- Osallistu laskuharjoituksiin 2t / vk ?
- Lue ja harjoittele itsenäisesti
- Osallistu kurssikokeeseen

15/10/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

8

TiTo S2000 koe vs LH

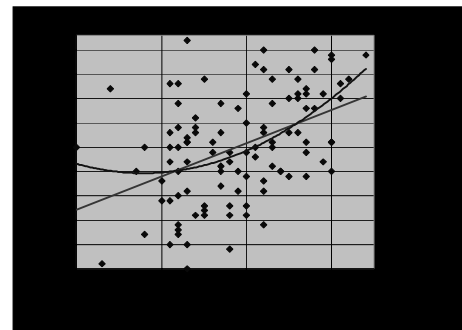


15/10/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

9

Kevät 2001 kurssikuulustelu vs. HTP



15/10/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

10

## Oppimateriaali

- Kurssimoniste:
  - Auvo Häkkinen, Tietokoneen toiminta, opetusmoniste D390, TKTL, 30.1.1998 (pääpiirteittäin luvut 1-8.2, 10)
  - painos vuoden 1998 jälkeen (Java)
- (Stallings: Comp. Org. and Arch, 5th Ed)
- (Tanenbaum: Struct. Comp. Org., 4th Ed)
- KOKSI simulaattori & dokumentit
- Luentokalvot
  - kopiot verkossa

15/10/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

11

## Huomaa

- Nämä kalvot on tehty luentojen (ja luentomonisteen) tueksi
- Kalvot eivät sisällä kaikkea luennolla ollutta asiaa
- Kalvot eivät korvaa oppikirjaa
- Jos haluat opiskella itsenäisesti, niin lue siihen tarkoitettuja oppikirjoja

StallingsTanenbaumPatterson-Hennessy

15/10/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

12

### Motto <sup>(2)</sup>

- “Kunto ei nouse, jos ei tule hiki”  
 (“It is not good exercise,  
 if you do not sweat”)
  - Ei tämä silti mikään maratoni ole!
- 4t luentoja, 2t laskareita ja  
 6t omaa opiskelua per viikko (tav. kurssi)
  - yht. n. 12t/viikko
  - yht. n. 72t / kurssi eli 2 työviikkoa

15/10/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

13

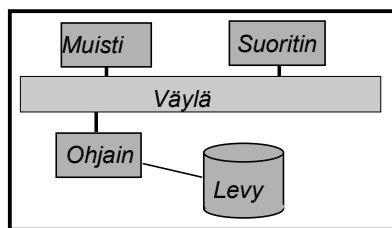
### WWW Informaatio <sup>(6)</sup>

- Kurssin kotisivu  
<http://www.cs.helsinki.fi/u/kerola/tito/>
- Tämän lukukauden aikataulu  
[.../tito/s2001/aikataulu.html](http://www.cs.helsinki.fi/u/kerola/tito/s2001/aikataulu.html)
- Luennot  
[.../tito/s2001/luennot/](http://www.cs.helsinki.fi/u/kerola/tito/s2001/luennot/)
- Laskuharjoitukset  
[.../tito/s2001/laskuharj/](http://www.cs.helsinki.fi/u/kerola/tito/s2001/laskuharj/)
- Vanhat kokeet  
[.../tito/kokeet/](http://www.cs.helsinki.fi/u/kerola/tito/s2001/kokeet/)
- Uutisryhmä  
[hy.opiskelu.tkl.tito](mailto:hy.opiskelu.tkl.tito)

15/10/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

14



**TiTo:** Mitä systeemissä tapahtuu?

**TiKRä:** Miten CPU ja muisti on toteutettu?  
 Miten kellopulssi saa käskyt suoritetuksi?

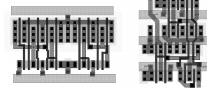
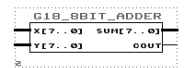
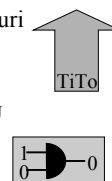
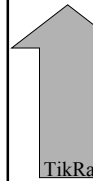
15/10/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

15

### Suorittimen toteutushierarkia <sup>(7)</sup>

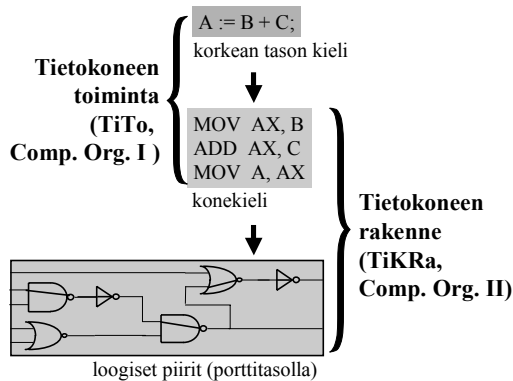
- Konekieliarkkitehtuuri  
 – ADD R1, R2
- Moduulit  
 – adder, register, ALU
- Loogiset portit  
 – and, or
- Piirisuunnittelu  
 – virrankulutus, ajoitus,  
 piuhojen sijoitus
- Toteutuslaitteisto  
 – elektroniputki, transistori,  
 mikropiiri



15/10/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

16

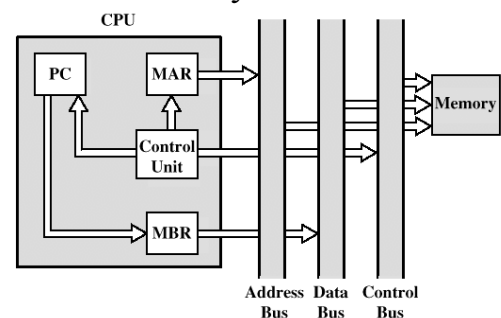


15/10/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

17

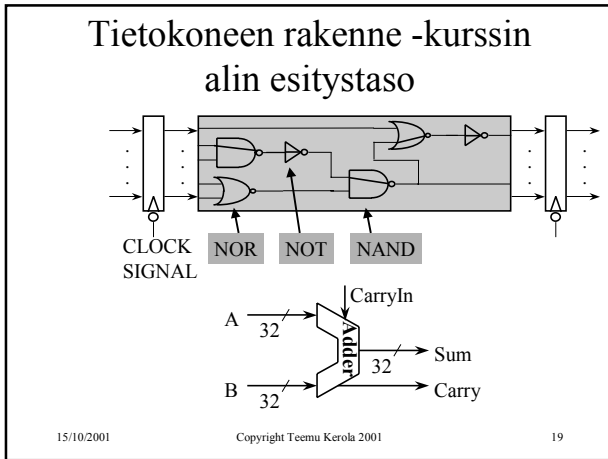
### Tietokoneen toiminta -kurssin alin esitustaso



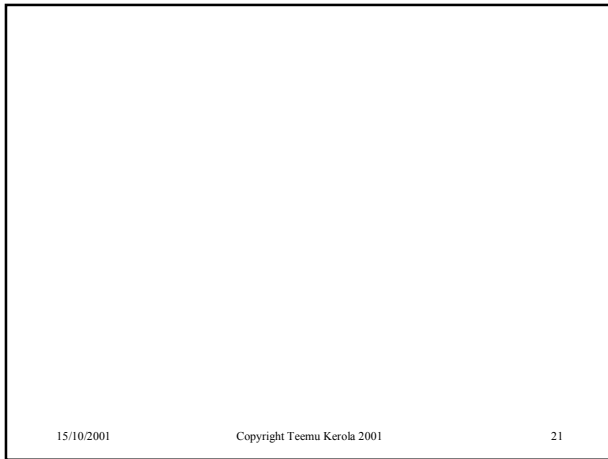
15/10/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

18



- ### Kurssin sisältö (12)
- Luento 1: Johdanto: tietokonejärjestelmän rakenne
  - Luento 2: TTK-91 -tietokone ja sen KOKSI simulaattori
  - Luento 3: Konekielinen ohjelmointi
  - Luento 4: Aliohjelmien toteutus konekielen tasolla
  - Luento 5: Suoritin (CPU) ja väylä
  - Luento 6: Tiedon esitysmuodot
  - Luento 7: Tiedon muuttumattomuus, järj. sis. muisti
  - Luento 8: Ohjelman toteutus järjestelmässä
  - Luento 9: Ulkoinen muisti, I/O toteutus, I/O laitteet
  - Luento 10: Käännös, linkitys, lataus
  - Luento 11: Tulkinta ja emulointi
  - Luento 12: Yhteenveto
- 15/10/2001 Copyright Teemu Kerola 2001 20

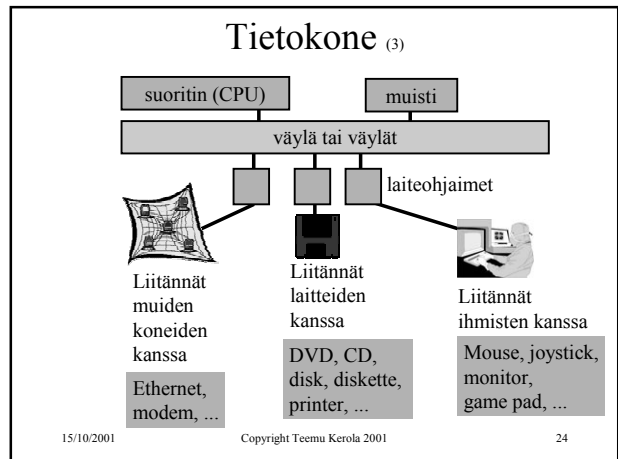
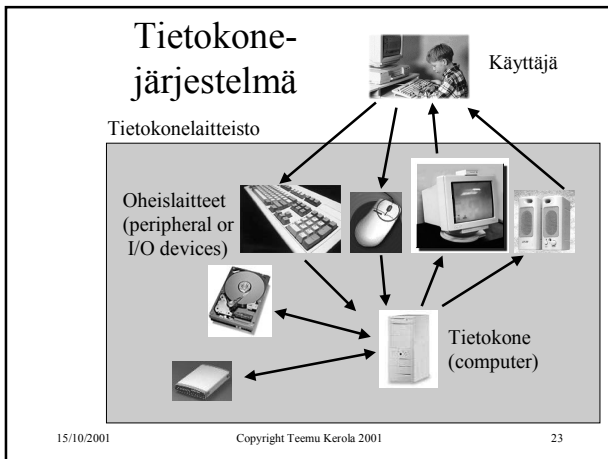


## Luento 1

### Tietokonejärjestelmän rakenne

Järjestelmän eri tasot  
Laitteiston nopeus

15/10/2001 Copyright Teemu Kerola 2001 22



## Tietokoneohjelman sijainti ja esitysmuoto (4)

- Käyttäjän kannalta
  - jossain tietokonelaitteistossa
  - jossain muodossa
  - helppo suorittaa
    - napauta ikonia hiirellä
    - anna ohjelman nimi ja parametrit tekstuaaliselle käyttöliittymälle
      - DOS tai UNIX kehoitteen jälkeen
    - sijoittamalla CD-levy CD-asemaan



15/10/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

25

## Tietokoneohjelman sijainti ja esitysmuoto (jatkuu) (4)

- Pitkäaikainen talletus
  - jollain laitteella, jossa tieto säilyy myös ilman sähkövirtaa
    - kovalevy, levyke, magneettinauha, CD, DVD
  - jollain kielellä kuvattuna
    - ohjelmointikielien: Java, Fortran, C,
    - tietokannan kuvauskielet: SQL, SQL\*Forms,
    - suorittimen konekieli: x86, MIPS, PA-RISC, ...
  - pakattuna ehkä jollain tavoin
    - zip, tar, gz, ...

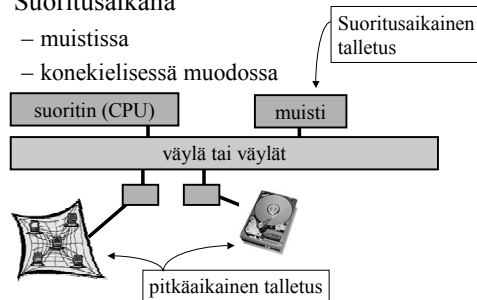
15/10/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

26

## Tietokoneohjelman sijainti ja esitysmuoto (jatkuu) (1)

- Suoritusaikana
  - muistissa
  - konekielisessä muodossa



15/10/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

27

## Konekieli (3)

- Suorittimen konekielen käskykanta määrittelee tietokoneen käskykanta-arkkitehtuurin
  - ISA - Instruction Set Architecture
- Kukin käsky on esim. 10-numeroinen kokonaisluku
  - 2234563212
  - 5437658756
- Usein esitetty symbolisella konekielellä
  - käsky jaettu osiin (kenttiin) `LOAD R1,Summa`
  - joidenkin kenttien arvot kuvattu symboleilla
  - helpompi ihmisten lukea ja kirjoittaa

15/10/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

28

## Symbolinen konekieli

- Yleinen esitystapa konekielisille ohjelmille
  - luettavassa muodossa oleva konekieli
- Helppo muuttaa konekieleksi
  - suora vastaavuus konekieleeseen
  - usein mielletään (vähän väärin, muttei paljon):  
symbolinen konekieli ≈ konekieli

129543876	LOAD	R2, Summa	% R2 ← Mem(Summa)
439874387	≈ ADD	R2, =5	% R2 ← R2 + 5
544399765	JUMP	Loop	% hyppy osoitteeseen

15/10/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

29

## Ohjelma vs. konekieli

- Ongelma:

Ohjelma on talletettu ohjelmointikielellä (esim. Java) pitkäaikaismuistiin (esim. kovalevy), mutta suoritusta varten sen tulee olla suoritettavan tietokonelaitteiston prosessorin konekielellä laitteiston muistissa.

- Ratkaisu: esitysmuodon muunnokset
  - käännös ohjelmointikieli → konekieli
  - linkitys paketoidaan kirjasto-ohjelmat mukaan
  - lataus sijoitetaan ohjelma muistiin suoritettavaksi

15/10/2001

Copyright Teemu Kerola 2001

30

### Ohjelman esitysmuodot (4)

ks. C-kielinen esimerkki (2 sivua)

käännös

```
Sum := Sum+1;
Print (Sum);
```

linkitys

```
LOAD R1, Sum
ADD R1,=1
STORE R1, Sum
PUSH SP, R1
CALL IOMod.Print
```

lataus

```
LOAD R1, Sum
ADD R1,=1
STORE R1, Sum
PUSH SP, R1
CALL PrintRoutine
```

muistissa                      levyllä

15/10/2001                      Copyright Teemu Kerola 2001                      31

### Kääntäjä esimerkki (4)

- Pascal-kääntäjä kääntää Pascal-kielisen ohjelman (esim.) Intel x86 konekiellelle (Pentium PC:lle)
- Pascal-kääntäjä on ohjelma, joka suoritetaan (esim.) Intelin Pentium-prosessori pohjaisessa laitteistossa
- Pascal-kääntäjän esitysmuoto käännösaikana (suoritusajana) täytyy olla Intel x86 konekieli

ohjelman nimi                      tuloskieli

lähdekieli                      Pascal kääntäjä x86

ohjelman esitysmuoto (sopiva Intel x86 suorittimelle)                      x86

15/10/2001                      Copyright Teemu Kerola 2001                      32

### Kääntäjä esimerkki (jatkuu)

- Pascal-kääntäjä on ohjelma, joka on alkuun kirjoitettu jollain ohjelmointikielillä
  - C-kielillä?
  - Pascal-kielillä?
- Ennen suoritusta myös Pascal-kääntäjä täytyy olla käännettynä laitteiston konekiellelle
  - Intel x86, PA-RISC, ...

Pascal kääntäjä x86

C/pascal

Pascal kääntäjä x86

x86

15/10/2001                      Copyright Teemu Kerola 2001                      33

### Kääntäjä esimerkki (jatkuu) (5)

- Käännä ohjelma MyProg Pascalista konekiellelle

MyProg                      MyProg

Pascal                      Pascal kääntäjä x86                      x86

syöte                      x86                      tuloste

suoritettava ohjelma

- Käännä Pascal kääntäjä Pascalista konekiellelle?

Pascal kääntäjä x86                      Pascal kääntäjä x86

Pascal                      Pascal kääntäjä x86                      x86

x86

15/10/2001                      Copyright Teemu Kerola 2001                      34

### Suorittimen ja muistin sisältö

suoritin

konekäskyjen suorituspiirit                      laite-rekisterit

välimuisti

muisti

kirjastorutiinit

ohjelma                      data

käyttö-järjestelmä

väylä

15/10/2001                      Copyright Teemu Kerola 2001                      35

### Laitteiston nopeus (7)

- Järjestelmän eri komponenteilla on suuret nopeuserot
  - laiterekisterit kaikkein nopeimmat
  - välimuisti lähes yhtä nopea
  - muisti jo aika kaukana
  - laitteet hyvin kaukana
  - eräät laitteet todella hyvin kaukana
    - magneettinauha, ihmisen käyttöliittymät
  - muut tietokoneet todella hyvin kaukana

15/10/2001                      Copyright Teemu Kerola 2001                      36

## Teemun juustokakku <sup>(5)</sup>

Rekisterien, välimuistin, muistin, levymuistin ja magneettinauhan nopeudet suhteutettuna juuston haku aikaan juustokakkuu tehdessä?

**käsi**  
0.5 sek (rekisteri)

**pöytä**  
1 sek (välimuisti)

**jääkaappi**  
10 sek (muisti)

**kuu**  
12 pv (levy)

**Europa (Jupiter)**  
4 v (nauha, ihminen)

15/10/2001 Copyright Teemu Kerola 2001 37

## -- Luennon 1 loppu --

### Väyläkontrolli (chip set), piuhat piilossa muissa kerroksissa

### VA6 - PC133 ATX Mainboard

Thermal header for CPU or other temperature monitoring

Slot 1 for Pentium III/III processor cartridge

ATX power supply connector

One AGP slot

CD\_IN header

AC'97 Audio Codec

Five PCI slots

IrDA TX/RX header

USB header for two extra USB channels

Two ISA slots

Two USB port connectors

PS/2 mouse port connector

PS/2 keyboard port connector

Wake on Modem header

Wake on LAN header

SMBus header

Fan header

Standard/EPP/ECP parallel port connector

16551 fast UART compatible serial port connector (COM1)

16550 fast UART compatible serial port connector (COM2)

MIDI/GAME PORT

Line Out

Line In

MIC In

Three 168-pin DIMM sockets support SDRAM modules

Clock generator

Floppy port connector

VIA chipset (VT82C893A and VT82C886A)

Primary IDE connector

Secondary IDE connector

http://www.abit.nl/english/product/

15/10/2001 Copyright Teemu Kerola 2001 38