

581305-6  
Tietokoneen toiminta  
(Computer Organization I)

Teemu Kerola  
Helsingin yliopisto  
Tietojenkäsittelytieteen laitos

Kevät 2010

15.3.2010 Copyright Teemu Kerola 2010 1

## Tietokoneen toiminta

- Kurssin aihepiiri ja tavoitteet
- Kurssin suoritusmuoto
  - Opintopiirityöskentely
  - Verkkokurssi
  - Kurssilla käytetyt oppimismenetelmät
- Ttk-91 esimerkkietietokone
  - Tietokone simulaattori
  - Titotrainer ympäristö
- Tietokoneen toiminta –kurssi vs. Tietokoneen rakenne –kurssi

15.3.2010 Copyright Teemu Kerola 2010 2

## Oppimistavoitteet

- Ymmärtää tietokonejärjestelmän keskeiset piirteet sillä suoritettavan ohjelman näkökulmasta
- Ymmärtää, miten tietokonejärjestelmä suorittaa sille annettua ohjelmaa
- Ymmärtää ohjelmakoodin/datan talletustavan ja sijainnin laitteistossa
- Ymmärtää ohjelman suoritusaikaisen esitysmuodon
- Ymmärtää käyttöjärjestelmän roolin ja perustoiminnot

• **Tavoite on oppiminen**, ei opintopisteet tai läpipääsy  
– Aloittakaa kurssikuulusteluun valmistautuminen nyt!

[http://www.cs.helsinki.fi/u/kerola/tito/kurssikuvaukset/2008\\_8/oppimistavoitteet.pdf](http://www.cs.helsinki.fi/u/kerola/tito/kurssikuvaukset/2008_8/oppimistavoitteet.pdf)

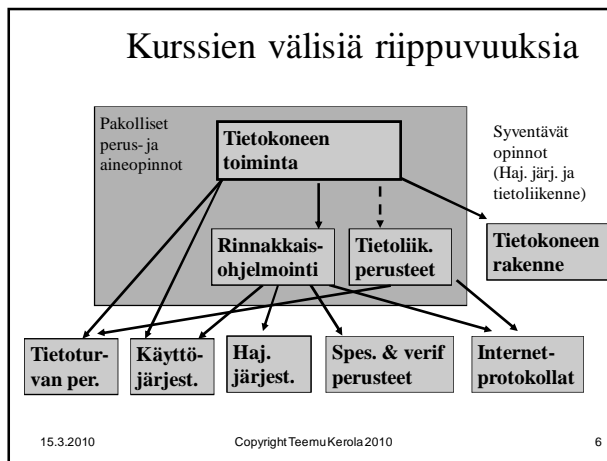
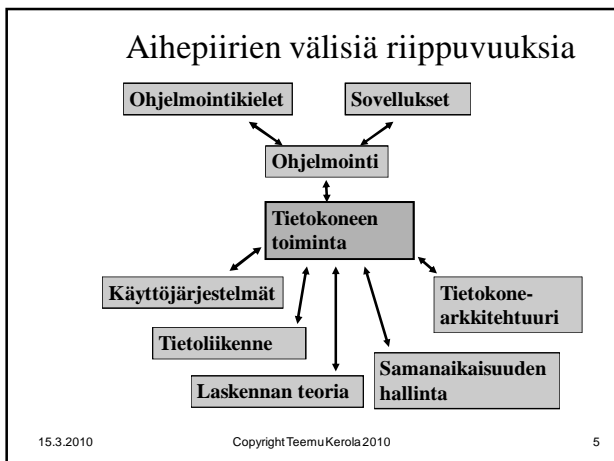
15.3.2010 Copyright Teemu Kerola 2010 3

## Mitä hyötyä tästä on?

- Ohjelman suoritusnopeus perustuu suorittimen (CPU) suorittamiin konekäskyihin eikä ohjelman korkean tason kielen (C, Pascal, Java) esitysmuotoon
- Ylemmän tason asioiden ymmärtäminen on helpompaa/mahdollista, kun ymmärtää alemman tason (ohjelman suoritus konekielen tasolla) asiat

Miksi Java ohjelma (byte-koodi) kannattaisi kääntää?  
Mitä Java ohjelmien kääntäminen tarkoittaa?  
Mitä Java ohjelmien suorittaminen tarkoittaa?  
Mitä C ohjelmien suorittaminen tarkoittaa?  
Mihin käyttöjärjestelmää tarvitaan?  
Mitä käyttöjärjestelmä tekee? Miten se rakentuu?

15.3.2010 Copyright Teemu Kerola 2010 4



## TiTo (4 op), suoritusmuodot

- Opintopiireihin perustuva verkkokurssi
  - Aloitusluento, yhteenveluento **”Tavallinen kurssi”**
  - Verkkoluennot, oppikirjat, kertauskysymykset
  - Titokone, TitoTrainer
  - Opintopiirissä
    - Harjoitustehtävät, projektit
    - Ryhmätapaamiset (ohjatut ja muut),
  - Kurssikuulustelu
  - Uusintakuulustelu
    - 1. erilliskoe kurssikokeen jälkeen
- Erilliskuulustelu **”Loppukoe”**
  - Oppikirjoista [Stal10 ja Tane10] kurssikuvauksessa mainitut osat
  - Ohjelmointi ttk-91 symbolisella konekielellä
    - Titokone, TitoTrainer
  - Viimeksi pidetyllä luentokurssilla esitetyt asiat

15.3.2010

Copyright Teemu Kerola 2010

7

## Opintopiirityöskentely

- Ryhmätyöskentelyn muoto
  - Ryhmässä on parempi opiskella kuin yksin
  - Vertaisopiskelijoiden tuki
  - Opintopiirit muodostetaan 1. viikon ryhmätapaamisessa
- Opiskelijakeskeinen oppiminen
  - Vastuu oppimisesta on opiskelijalla
  - Ohjaajat edistävät opiskelijan oppimista
  - Ohjaajat luovat puitteet oppimiselle
- Eri tyyppistä ryhmätyötä
  - Harjoitustehtävien ratkaisu itsenäisesti ja niistä keskustelu ryhmässä
  - Projektien työstäminen ryhmätyönä
  - Muu vapaamuotoinen yhteistyö

15.3.2010

Copyright Teemu Kerola 2010

8

## Opintopiirien muodostaminen

- Ehkä suurin ongelma opintopiiriperustaisessa kurssissa
  - ”Jaska lupasi, mutta ei tehnyt eikä häneen saanut yhteyttä. Ja sitten Maija teki pääosan työstä. Tämä ei ole oikein! Vääräys!”
- Opintopiirit muodostetaan 1. viikon ryhmätapaamisessa
  - Opintopiirin tavoitteet (& lähtötaso) saivat olla samansuuntaisia
    - Helppoa työelämässä: ”projekti saatava valmiiksi tai ...”
  - Miettikää tavoitteitanne valmiiksi ennen ryhmätapaamista
    - Haluanko tehdä ylimääräisen projektin?
    - Onko tavoitteenani hyvä asioiden oppiminen vai läpipääsy?
  - Keskustelkaa ja sopikaa yhteisistä tavoitteista opintopiirin jäsenten kanssa ennen ryhmän muodostamista
    - Allekirjoitakaa lopulta ”Opintopiirisopimus”
    - Mailatkaa luennoitsijalle opintopiirin jäsenten nimet
- Pitäkää kiinni sovituista asioista
  - Ilmoittakaa heti opintopiirille, jos ette jatka työskentelyä siinä
  - Irtautukaa nopeasti opiskelijoista, jotka eivät noudata sopimusta

15.3.2010

[http://www.cs.helsinki.fi/u/kerola/tito/k2010/opintopiiri\\_sopimus.html](http://www.cs.helsinki.fi/u/kerola/tito/k2010/opintopiiri_sopimus.html)  
 Copyright Teemu Kerola 2010

9

## Verkkokurssi

- Merkittävä osa kurssin materiaalista ja toiminnoista verkossa tai verkon avulla
  - Verkkoluennot, kertauskysymykset, TitoTrainer tehtävät
  - Tiedotus, kalvokopiot, tehtävät, tulokset
- Verkkokurssi ≠ etäopiskelu
  - Aloitus- ja yhteenveloluennot auditoriossa
  - Viikoittaiset opintopiirin ryhmätapaamiset TKTL’illä
  - Muut opintopiirin tapaamiset TKTL’illä
  - Osa kurssin osioista voidaan tehdä verkon avulla etäopiskeluna

15.3.2010

Copyright Teemu Kerola 2010

10

## Verkkoluennot

- Itseopiskelumateriaalia verkossa, luennot 1-11
  - Kuten luennoilla, mutta omaan tahtiin
  - Kuten kirja, mutta ääniä ja animaatioita
  - Materiaalin käytöstä ei pidetä kirjaa
  - Materiaalin käytöstä ei saa arvosanaan vaikuttavia pisteitä
- Materiaalin tuotanto
  - Teemu Kerola 2004-2005
  - Macromedia Authorware -ohjelmistolla
- Käyttö
  - <https://www.cs.helsinki.fi/u/kerola/tito/verkkoluennot/lu01/lu01.htm>
  - Selaimen Authorware liitospalikka Windows-ympäristössä (ei W7)
    - TKTL, koti
    - TKTL'n Linux-ympäristöissä Windows-palvelimella
  - Flash-versiot, liki missä ympäristössä vain
    - <https://www.cs.helsinki.fi/u/kerola/tito/verkkoluennot/>

15.3.2010

Copyright Teemu Kerola 2010

11

## Kertaus- ja keskusteluluennot

- Kertaus edellisen viikon aihepiiristä
  - Opiskele etukäteen
- Pienryhmäkeskustelua joistakin aihepiirin alueista

15.3.2010

Copyright Teemu Kerola 2010

12

## Kertaustehtävät

- Kertaustehtävät
  - Itsearviointia
    - tehdään vasta aihepiiriin perehtymisen jälkeen
    - osaanko jo tämän asian?
    - testaa vain osan aihepiiriä, ei takaa osaamista
  - Materiaalin käyttö ei vaikuta suoraan arvosanaan
    - materiaalin käytöstä ei pidetä kirjaa
    - materiaalin käytöstä ei saa arvosanaan vaikuttavia pisteitä

<https://www.cs.helsinki.fi/u/kerola/tito/kertaus/pract.html>

15.3.2010

Copyright Teemu Kerola 2010

13

## Harjoitustehtävät

- Tavanomaiset laskuharjoitustehtävät
- Oppiminen tapahtuu tehtäviä ratkaistaessa ja niistä keskusteltaessa
  - opiskele aihepiiriin asiat ennen tehtävien työstämistä itsenäisesti
  - työstä tehtäviä itsenäisesti ennen niistä käytävää keskustelua
  - valmiin vastauksen lukeminen tai toiselle antaminen on hyvän oppimistilaisuuden hukkaan heittämistä!
- Vaikuttavat arvosanaan
  - tehdyistä tehtävistä saa harjoitustehtävapistettä (htp)
  - vain ryhmätapaamisessa läsnäoleville

<http://www.cs.helsinki.fi/u/kerola/tito/k2010/harjoitukset/ht1.html>

15.3.2010

Copyright Teemu Kerola 2010

14

## Harjoitustilaisuudet



- Opiskelijat jaetaan ”pöytiin”
  - Joka pöydässä kuhunkin tehtävään ainakin yksi sen tehtävän ratkaissut opiskelija?
- Harjoitustehtävien läpikäynti opiskelijavetoisesti pienryhmissä
  - Ei valmiiden ratkaisujen esityksiä kaikille
  - Voi otaksua, että kaikki ovat tutustuneet tehtäviin etukäteen ja ainakin yrittäneet ratkaista ne
  - Ohjaaja auttaa tarvittaessa
- Malliratkaisut käytettävissä tilaisuuden loppupuolella
  - Mukana ylim. keskustelutehtäviä
- Kaikki ovat paikalla loppuun asti
- Englanninkielisessä tilaisuudessa kuka tahansa voi päätyä englanninkieliseen pöytään
  - Osa pöydistä voi silti olla suomeksi

15.3.2010

Copyright Teemu Kerola 2010

15

## Ttk-91 esimerkkietokone

- Auvo Häkkinen, 1991
  - Tietokoneen toiminta –kurssi 1991
- Yksinkertainen tietokonearkkitehtuuri
  - Määrittelytaso juuri tälle kurssille sopiva
- Yksinkertainen (symbolinen) konekieli
  - Helppo oppia, ei liikaa konekäskyjä
  - Sopiva tämän kurssin tavoitteisiin
- Tavoitteet
  - Ymmärtää, minkälaista koodia suoritin käyttää
  - Ymmärtää, miten järjestelmä suorittaa ohjelmaa

15.3.2010

Copyright Teemu Kerola 2010

16

## Titokone

- Java-ohjelma, joka simuloi Auvo Häkkisen suunnittelemaa ttk-91 tietokonetta ja sen käyttöjärjestelmää
  - Toimii siis samalla tavalla kuin laitteistolla toteutettu ttk-91 kone ja sen käyttöjärjestelmä
  - Alkuperäinen suunnittelu ja toteutus
    - Ohjelmistotuotantoprojekti Koski, kevät 2004
- Sisältö
  - Ttk-91 symbolisen konekielen kääntäjä
  - Ttk-91 emulaattori, joka suorittaa käännettyjä ttk-91 konekielisiä ohjelmia
  - Ohjelmistonkehitysympäristö sisäänrakennettuna emulaattorissa
  - Animaattori, joka visualisoi käskyjen suoritusta ttk-91 arkkitehtuurin laitteistossa
  - Graafinen käyttöliittymä

<http://www.cs.helsinki.fi/u/kerola/tito/titokone/asennus/asennus.html>

[http://www.cs.helsinki.fi/u/kerola/tito/titokone/kayttoohje/manual\\_fi.html](http://www.cs.helsinki.fi/u/kerola/tito/titokone/kayttoohje/manual_fi.html)

15.3.2010

Copyright Teemu Kerola 2010

17

## TitoTrainer

<http://db.cs.helsinki.fi/titotrainer2/>

- Oikeasti TitoTrainer2
- Titokoneen ”päälle” rakennettu ohjelmisto
- Toteutetaan Ttk-91 ohjelmia tai niiden osia
  - Samoja ohjelmia voi myös ajaa Titokoneella
- Vastauksen oikeellisuus tarkistetaan automaattisesti
- Arvostelu
  - Tehdyistä tehtävistä saa arvosanaan vaikuttavia pisteitä
    - Vähän tehtäviä laskuharjoitustehtävinä
    - Enemmän tehtäviä projektissa pr1

15.3.2010

Copyright Teemu Kerola 2010

18

## Projekti pr1 (12 pp)

- Tee mahdollisimman monta TitoTrainer tehtävää
  - Tee tehtäviä joka viikko
    - Kotitehtävien kanssa samalla tasolla olevat tehtävät?
- Vaikuttaa arvosanaan
  - 1 pp, kun 22 tehtyä tehtävää
    - Sisältävät laskuharjoituksiin tehdyt tehtävät
  - 7 pp, 40 tehtyä tehtävää
  - 12 pp, kun 50 tehtyä tehtävää

<http://www.cs.helsinki.fi/u/kerola/tito/k2010/projekti/proj1.html>

15.3.2010

Copyright Teemu Kerola 2010

19

## Projekti pr2 (16 pp)

- Uusien kertaustehtävien laadinta
  - Tehdään kahdessa osassa, molemmissa yksi kert. teht. (8 pp)
- Tavoitteena syvällisempi oppiminen projektin aihepiiristä
  - Muut kurssin oppimisosiot taustatietoina
    - Verkkoennunnot, oppikirjat, harjoitus- ja keskustelutehtävät
- Arvostelu
  - Ohjaaja arvostelee raportin ja toimivuuden perusteella
  - Projektipisteitä (pp, esim. 8 pp) saa kolmesta eri osasta
    - Peruspisteet (2 pp) projektin saattamisesta loppuun
    - Arvostelupisteet (0-6 pp) opintopiirin työn laadun mukaan
    - Osallistumispisteet (max ±2 pp) opiskelijan osallistumisen mukaan
      - Opintopiiri määrittelee jäsenten osallistumisasteen

<http://www.cs.helsinki.fi/u/kerola/tito/k2010/projekti/proj2.html>

15.3.2010

Copyright Teemu Kerola 2010

20

## HY Moodle <https://moodle.helsinki.fi/my/index.php>

- Kaikille
  - Yhteisiä keskustelupalstoja
  - Harjoitusten (tai muun opiskelun) yhdessä tekemisen koordinoitupaista
- Opintopiirille oma ryhmä
  - Oma suljettu keskustelupalsta
  - Wiki?
  - Halutaanko muuta?

15.3.2010

Copyright Teemu Kerola 2010

21

## Opintopiiriin perustuvan verkkokurssin suoritus

- Opiskele viikon asiat
  - verkkoluennot itseopiskeluna **lue** **kuuntele** **ajattele**
    - opi perusasiat kunnolla luennolla
  - lue oppikirjasta samat asiat vähän eri tavalla esitettynä **lue**
  - syvennä tietojasi kertaus- ja keskusteluluennolla **keskustele**
- Tarkista osaamisesi itsearvioinnilla **tee** **arvioi**
  - tee kertaustehtäviä, harjoitustehtäviä, TitoTrainer-tehtäviä **tee**
- Osallistu opintopiirin toimintaan
  - keskustele harjoitustehtävistä opintopiirin kanssa **keskustele**
  - osallistu ryhmätapaamiseen **tee** **keskustele**
  - jatka projektityöskentelyä **ajattele**
  - opintopiirikeskustelu kasvokkain tai verkossa **keskustele**
- Osallistu kurssikokeeseen **lue** **arvioi**

15.3.2010

Copyright Teemu Kerola 2010

22

## Arviointi

- Itsearviointi
  - Kertaustehtävät joka luennon jälkeen
    - Eivät vaikuta arvosanaan
  - Harjoitus- ja TitoTrainer-tehtävien tekeminen viikoittain
    - Osaanko vai enkö?
    - Mitä vielä opittavaa ja miten sen opin?
    - Vaikuttavat arvosanaan
- Kurssikuulustelu
  - Tahdistaa oppimista
  - Kattaa kaikki kurssin tavoitteissa mainitut asiat
    - Asiat opittu itsenäisen työskentelyn ja opintopiiri-työskentelyn avulla moninaisia oppimismenetelmiä käyttäen
  - Arvioi oppimista
    - Pääosa arvosanasta perustuu tähän
    - Läpipääsyleikkuri (50%)

15.3.2010

Copyright Teemu Kerola 2010

23

## Arvostelu

- Hyvästä työstä palkitaan
- Ahkeruudesta ja osaamisesta palkitaan
- Kurssin osioiden maksimipistemäärät

Harjoitustehtävät <i>minimitaso 1 p (3-4 htp)</i>	<b>6 p</b>
Projektit TitoTrainer-tehtävät (pr1: 12 pp) Kertaustehtävien tekeminen (pr2: 16 pp) (ylialhaka osallistuminen: +4 pp) <i>minimitaso 1 p (3-4 pp)</i>	<b>14 p</b> (16 p)
Kurssikuulustelu, uusintakuulustelu <i>minimitaso 20 p</i>	<b>40 p</b>
<b>Yhteensä</b> <i>minimitaso 30 p</i>	<b>60 p</b>

15.3.2010

Copyright Teemu Kerola 2010

24

### Oppimateriaali

- Aloitus- ja yhteenvetoluennot
- Kertaus- ja keskusteluluennot
- Authorware verkkoluennot 1-11 (verkossa)
- Oppikirjat
  - Stallings: Computer Org. and Architecture, 8th Ed., 2010
  - Tanenbaum: Structured Computer Organization, 5th Ed, 2010
- Kertaustehtävät (verkossa)
- Titokone simulaattori (verkossa)
- TitoTrainer harjoitteluympäristö (verkossa)
- Harjoitukset ja projektit (verkossa)
- Moodle (verkossa)
- Aikataulusivu ja sisältö (verkossa)
- Kurssi- ja uusintakuulustelu (tulokset verkkoon)

15.3.2010 Copyright Teemu Kerola 2010 25

### WWW Informaatio

- Kurssin kotisivu <http://www.cs.helsinki.fi/u/kerola/tito/>
- Tämän kurssin aikataulu
  - Täältä löytyy kaikki tiedotus linkitettyinä <http://www.cs.helsinki.fi/u/kerola/tito/k2010/aikataulu.html>
- Osa materiaalista on TKTL Intranetissä
  - Verkkoluennot (Authorware)
  - Kertauskysymykset
  - Kurssin suoritusilastot (http, pp, koepisteet)
  - Kaikki tarvitsevat TKTL tunnuksen
    - Sivuaineopiskelijoille tulee olla ensin Tietotekniikkaosaston UNIX-tunnus (eli cc-tunnus), haettuna oman pääainelaitoksen kautta

15.3.2010 Copyright Teemu Kerola 2010 26

### Kurssin sisältö

• Luento 0	Kurssin sisältö, rakenne ja suoritustapa
• Verkkoluento 1	Tietokonejärjestelmän rakenne
• Verkkoluento 2	TTK-91 -tietokone ja sen simulaattori
• Verkkoluento 3	Konekielinen ohjelmointi
• Kertaus- ja keskusteluluento	
• Verkkoluento 4	Aliohjelmien toteutus
• Verkkoluento 5	Suoritin ja väylä
• Verkkoluento 6	Tiedon esitysmuodot
• Kertaus- ja keskusteluluento	
• Verkkoluento 7	Tiedon muuttumattomuus ja muisti
• Verkkoluento 8	Ohjelman ja käyttöjärjestelmän toteutus
• Kertaus- ja keskusteluluento	
• Verkkoluento 9	Ulkoinen muisti ja I/O:n toteutus
• Verkkoluento 10	Käännös, linkitys ja lataus
• Kertaus- ja keskusteluluento	
• Verkkoluento 11	Tulkinta ja emulointi
• Luento 12	Yhteenvedo luento

15.3.2010 Copyright Teemu Kerola 2010 27

### Tito vs. Tikra

**Tito:** Mitä systeemissä tapahtuu?  
Mitä käyttöjärjestelmä tekee?

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

Tietokoneen toiminta (Tito)

Tietokoneen rakenne (Tikra)

15.3.2010 Copyright Teemu Kerola 2010 28

### Suorittimen toteutushierarkia (2)

- Konekieliarkkitehtuuri
  - ADD R1, R2
- Moduulit
  - Adder, register, ALU
- Loogiset portit
  - AND, OR, NOR
- Piirisuunnittelu
  - Virrankulutus, ajoitus, pihujen sijoitus
- Toteutuslaitteisto
  - Elektroniputki, transistori, mikropiiri

↑ Tikra

↑ Tito

15.3.2010 Copyright Teemu Kerola 2010 29

### Ohjelman suorituksen taso

Tietokoneen toiminta (Tito, Comp. Org. I)

A := B + C;

↓ korkean tason kieli

MOV AX, B  
ADD AX, C  
MOV A, AX

↓ koneikieli

loogiset piirit (porttitasolla)

↑ Tietokoneen rakenne (Tikra, Comp. Org. II)

15.3.2010 Copyright Teemu Kerola 2010 30

## Motto

- “Kunto ei nouse, jos ei tule hiki”  
 (“It is not good exercise, if you do not sweat”)
  - Ei tämä silti mikään maraton ole!
- Yhteensä n. 12 t / viikko (?)
  - + kokeeseen valmistautuminen + koe
  - Ennen: noin 80 t / 2 ov kurssi eli 2 työviikkoa
  - Nyt: noin 107 t / 4 op kurssi



$$\begin{aligned} 5 \text{ v} / 300 \text{ op} &= 1 \text{ v} / 60 \text{ op} = 1600 \text{ t} / 60 \text{ op} \\ &= 26.67 \text{ t} / 1 \text{ op} = 107 \text{ t} / 4 \text{ op} \end{aligned}$$



15.3.2010

Copyright Teemu Kerola 2010

31