



HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

Johdatus tietojenkäsittelytieteeseen 4. Silmäys tietojenkäsittelyn ydineknologioihin

Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta
Tietojenkäsittelytieteen laitos



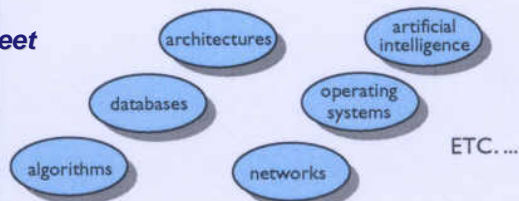
Kurssin sisältö

Lähde: Peter J. Denning: Great Principles of Computing (Communications of the ACM, 46, 11, marraskuu 2003, sivut 15-20).

- Luku 1: Historiaa**
- Luku 2: Kokonaiskuva**
- Luku 3: Eettiset perusteet**
- Luku 7: COMPUTING PRACTICES**

programming
engineering systems
modeling
innovating
applying

Luku 4: CORE TECHNOLOGIES



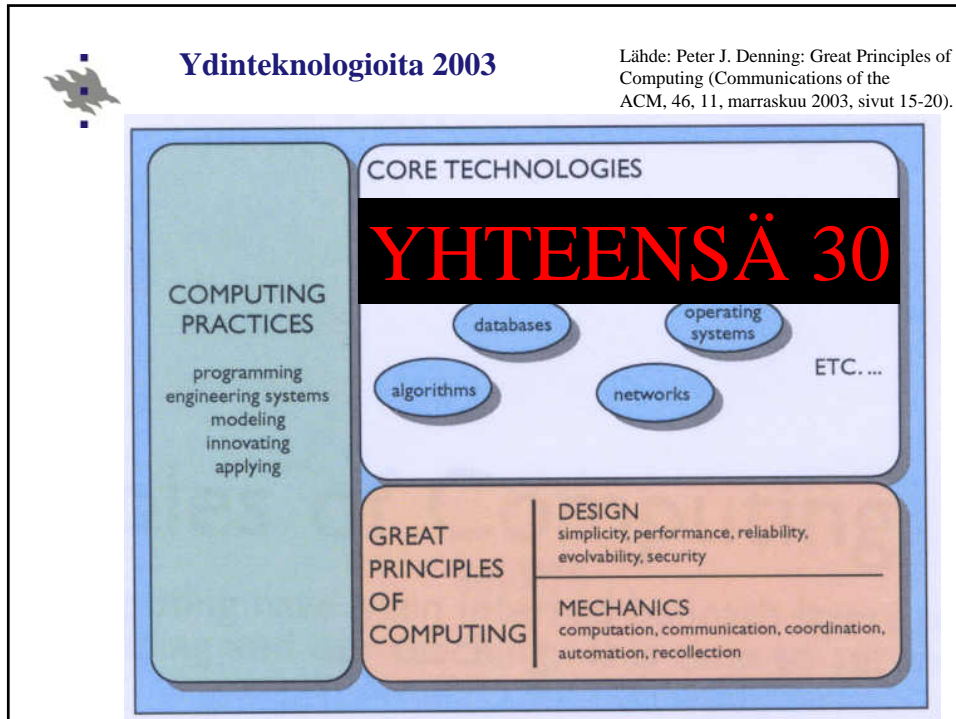
GREAT PRINCIPLES OF COMPUTING

Luku 6: DESIGN

simplicity, performance, reliability, evolvability, security

Luku 5: MECHANICS

computation, communication, coordination, automation, recollection



1. Algoritmit

Tekoäly

Kääntäjät

Laskennallinen tiede

Tieteellinen laskenta

Tietokoneen rakenne

Tiedon louhinta

Tietoturva (*data security*)

Tietorakenteet (*data structures*)

Tietokannat (*databases*)

Päätöksenteon tukijärjestelmät (*decision support systems, DSS*)

Hajautettu tietojenkäsittely (*distributed computation*)

Rinnakkaislaskenta (*parallel computation*)

Sähköinen kaupankäynti (*e-commerce*)

Tietokonegrafiikka (*computer graphics*)

Ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutus (*human-computer interaction, HCI*)

Tiedonhaku (*information retrieval*)

Luonnollisen kielen käsittely (*natural-language processing*)

19. Tietoverkot (*networks*)



Käyttöjärjestelmät (*operating systems, OS*)

- Ohjelmisto, joka hallinnoi tietokoneen laitteistoa ja ohjelmistoja.
- Käyttöjärjestelmä palvelee muita ohjelmia:
 - Muistin hallinta ja jakaminen (*allocation*).
 - Käskyjen suorituksen järjestäminen (*prioritizing*).
 - Oheislaitteiden hallinta.
 - Tietoliikenteen tukeminen.
 - Tiedostojen hallinta.



Käyttöjärjestelmät

- Huolehtii
 - keskeytyksistä (*interrupts*),
 - ajastimista (*timers*),
 - prosesseista (*processes*) ja säikeistä (*threads*) sekä niiden vuorottamisesta (*scheduling*),
 - samanaikaisuuden hallinnasta (*concurrency control*)
 - samanaikaisesti suoritettavien ohjelmien eristämisestä ja
 - prosessien välisestä kommunikoinnista (*interprocess communication*).



Käyttöjärjestelmät

- Tutkimusalueita ovat mm
 - muistinhallinta (*memory management*),
 - tiedostojärjestelmät (*file systems*),
 - samanaikaisuuden hallinta (*concurrency control*),
 - vikasietoisuus (*fault-tolerance*) ja
 - virrankulutuksen hallinta.



Ohjelmointikieliet (*programming languages*)

- Täsmällisesti määritelty tapa antaa tietokoneelle toimintaohjeet.
 - Syntaksi (*syntax*) eli lauseoppi (sanasto ja kielioppisäännöt).
 - Semantiikka (*semantics*) eli merkitysoppi.
- Ohjelmointikielessä määritellään mm. ohjelmoijan käytössä olevat
 - tietotyypit (*data types*),
 - tietorakenteet (*data structures*),
 - lauseet
 - jne
- Tutkimusalueita ovat mm. ohjelmointikielten ominaisuudet ja ohjelmointimallit (*paradigms*).



Tosiakajärjestelmät (*real-time systems*)

- Järjestelmiä – laitteisto ja ohjelmisto – joiden on täytettävä aikavaatimus.
- Tosiakajärjestelmän ei välttämättä tarvitse olla nopea, mutta tulos on oltava valmis aikarajaan (*deadline*).
- Luokitellaan koviin (*hard*) ja pehmeisiin (*soft*) sen mukaan kuinka ehdottomia aikarajat ovat.
 - Kovan tosiakajärjestelmän tulos on aina virheellinen, jos aikaraja ylittyy.



Robottiikka (*robots*)

- Robotti on elektro-mekaaninen laite, joka tekee tehtäviä autonomisesti tai ennalta ohjelmoitusti.
- Robottiikassa tarvitaan elektroniikan, mekaniikan ja ohjelmistotekniikan hallintaa.
- Tiettyyn tehtävään soveltuvan robotin kehittämiseen tarvitaan mm
 - havaintoja tekeviä tunnistimia (*sensors*),
 - ohjausalgoritmeja ja
 - robotin mekaanista toimintaa ohjaavat säätimet (*actuators*).



Ohjelmistotekniikka (*software engineering*)

- Ohjelmistojen suunnitteluun, toteuttamiseen ja ylläpitoon kuuluvia tekniikoita ja käytäntöjä.
 - Tietojenkäsittelytieteen ydinteknologioita.
 - Projektinhallintaa (*project management*).
 - Insinööritaitoa (*engineering*).
 - Sovellusalueen tietämystä.
- Ohjelmistotekniikassa kustannukset ja luotettavuus ovat yhtä keskeisiä kuin perinteisimmillä insinööritaidon alueilla.



Ohjelmistotekniikka

- IEEE:n standardi 610.12 määrittelee, että ohjelmistotekniikka on
 - systemaattisen, kurinalaisen ja ilmaistavissa olevan menettelytavan käyttämistä ohjelmiston kehittämisessä, käytössä ja ylläpidossa sekä
 - tällaisten menettelytapojen tutkimista.



Supertietokoneet (*supercomputers*)

- Aikansa laskentateholtaan suorituskykyisimpiä tietokoneita.
- Laskentatehon kasvattaminen on yleensä tapahtunut
 - lisäämällä innovatiivisesti rinnakkaisuutta käskyjen käsittelyssä,
 - huolellisella muistihierarkian suunnittelulla ja
 - prosessorin rakenteen yksityiskohtaisella suunnittelulla.
- Yleensä suunniteltu tietyn tyyppiseen tietojenkäsittelyyn – useimmiten numeeriseen laskentaan.



Virtuaalitodellisuus (*virtual reality*)

- Käyttäjä on vuorovaikutuksessa tietokoneella simuloidun ympäristön kanssa.
 - Simuloitu ympäristö voi olla
 - todellisuuden kaltainen (esim. lentäjäkoulutus) tai
 - todellisuudelle vieras (esim. monet videopelit).
- Simuloidussa ympäristössä on
 - yleensä visuaalisia kokemuksia
 - tavallisella näyttölaitteella tai
 - erityisellä stereoskooppisella näytöllä.
 - usein myös kuvan kanssa synkronoitua ääntä.



Konenäkö (*vision*)

- Tutkitaan, miten tietokone saadaan "ymmärtämään" kuvien sisältöä.
- Kuvista etsitään tiettyä tarkoitusta palvelevaa informaatiota:
 - Sovelluksia esim.
 - lääketieteessä,
 - laitteen ohjauksessa,
 - laadunvalvonnassa.
- Kehitettävää riittää...tekoälyä, signaalinkäsittelyä, neurobiologiaa, matematiikkaa, fysiikkaa (valon heijastuminen pinnoista), ...



Visualisointi (*visualization*)

- Menetelmät, joilla luodaan kuvia, kaavioita tai animaatioita.
- Tavoitteena on parantaa tiedon välittymistä.
- Sovelluksia esim.
 - tieteissä,
 - tekniikassa,
 - tuotekehityksessä ja tuotannossa,
 - opetuksessa ja
 - lääketieteessä.
- Tietokonegrafiikka on visualisoinnin tärkein apuväline.



Työnkulku (*workflow*)

- Organisaation työtehtävien tekemisen järjestäminen tietokonejärjestelmiä apuna käyttäen.
 - Miten työtehtävät järjestetään?
 - Kuka suorittaa minkäkin tehtävän?
 - Missä järjestyksessä työtehtävät on suoritettava?
 - Mitkä ovat tehtävän aloittamisen edellytykset?
 - Miten tietovirrat tukevat tehtävän suorittamista?
 - Miten tehtävien etenemistä seurataan?

- Työnkulun tukijärjestelmissä (*workflow systems*) on usein kaksi osaa:
 - Työnkulun mallintaminen (*workflow modeling component*).
 - Työnkulun seuranta (*workflow execution component, workflow run-time system*)



HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

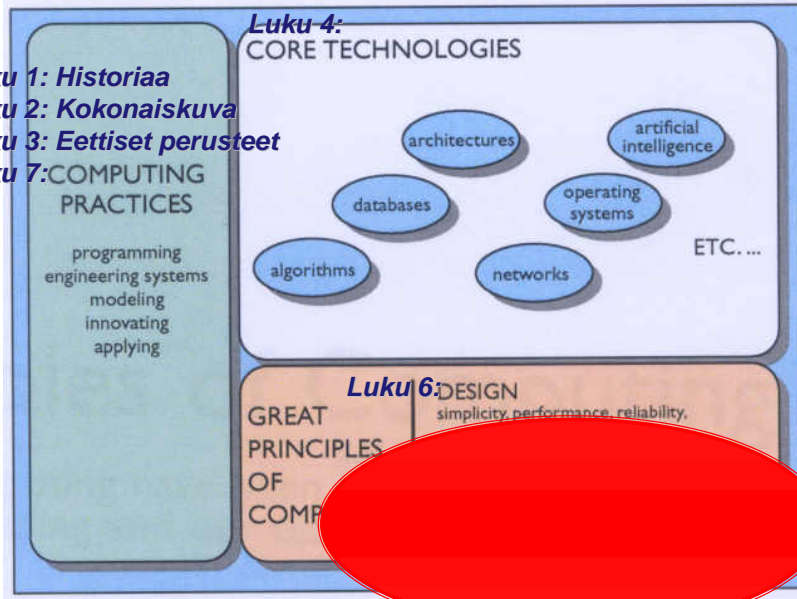
Johdatus tietojenkäsittelytieteeseen 5. Tietojenkäsittelyn mekaniikat

Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta
Tietojenkäsittelytieteen laitos

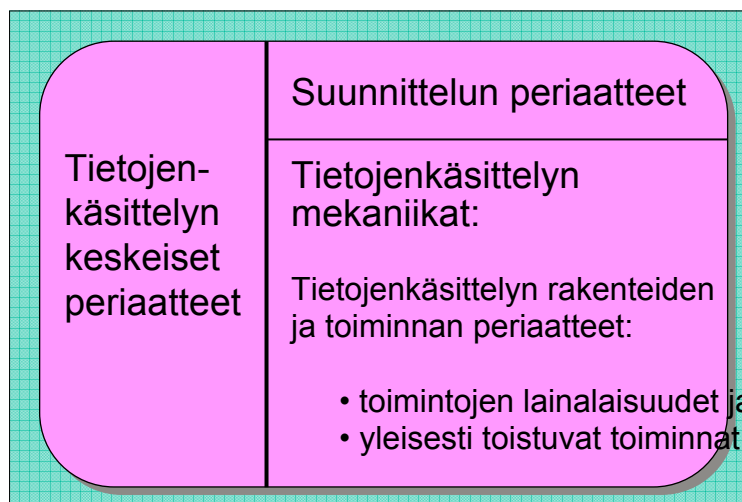
Kurssin sisältö

Lähde: Peter J. Denning: Great Principles of Computing (Communications of the ACM, 46, 11, marraskuu 2003, sivut 15-20).

- Luku 1: Historiaa
- Luku 2: Kokonaiskuva
- Luku 3: Eettiset perusteet
- Luku 7: COMPUTING PRACTICES

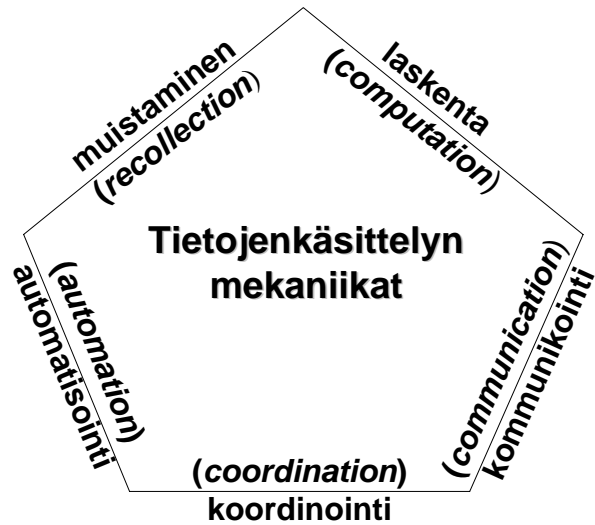


Tietojenkäsittelyn mekaniikat (*mechanics*)





Viisi näkymää tietojenkäsittelyn mekaniikoihin



Näkymät lyhyesti

1. Laskenta.
 - Mitä voidaan laskea – laskennan rajat.
2. Kommunikointi.
 - Sanoman tai viestin lähettäminen paikasta toiseen.
3. Koordinointi.
 - Vähintään kaksi toimijaa ja yhteinen tavoite.
4. Automatisointi.
 - Tietokoneella suoritettavat kognitiiviset tehtävät.
5. Muistaminen.
 - Tiedon tallettaminen ja hakeminen.



Näkymät tietojenkäsittelyn mekaniikkoihin koostuvat lukuisista tarinoista

1. Laskennan tarinoita.

- Algoritmit (*algorithms*)
- Ohjausrakenteet (*control structures*)
- Tietorakenteet (*data structures*)
- Automaatit (*automata*)
- Turingin koneet (*Turing machines*)
- Turingin kompleksisuus (*Turing complexity*)
- Kolmogorovin kompleksisuus (*Kolmogorov complexity*)
- Predikaattilogiikka (*predicate logic*)
- Likimääräismenetelmät (*approximations*)
- Heuristiikat (*heuristics*)
- Muunnokset (*translations*)



Näkymät tietojenkäsittelyn mekaniikkoihin koostuvat lukuisista tarinoista

2. Kommunikoinnin tarinoita.

- Tiedonsiirto (*data transmission*)
- Shannonin entropia (*Shannon entropy*)
- Tiedon fyysinen esittäminen (*encoding to medium*)
- Kanavan kapasiteetti (*channel capacity*)
- Kohinan poisto (*noise suppression*)
- Tiedon tiivistäminen (*file compression*)
- Salakirjoitus (*cryptography*)
- Pakettiverkko (*reconfigurable packet network*)
- Virheiden havaitseminen ja korjaaminen (*error detection and correction*)



Näkymät tietojenkäsittelyn mekaniikoihin koostuvat lukuisista tarinoista

3. Koordinoinnin tarinoita.

- Ihmisten välinen (*human-to-human*)
- Ihmisen ja tietokoneen välinen (*human-computer*)
- Tietokoneiden välinen (*computer-computer*)
 - Synkronointi (*synchronization*)
 - Kilpatilanteet (*race*)
 - Lukkiutuminen (*deadlock*)
 - Sarjallistuvuus (*serializability*)
 - Atomiset toimenpiteet (*atomic actions*)



Näkymät tietojenkäsittelyn mekaniikoihin koostuvat lukuisista tarinoista

4. Automatisoinnin tarinoita.

- Kognitiivisten tehtävien simulointi (*simulation of cognitive tasks*)
- Automatisoinnin filosofia (*philosophical distinctions about automation*)
- Asiantuntemus ja asiantuntijajärjestelmät (*expertise and expert systems*)
- Älykkyyden lisääminen (*enhancement of intelligence*)
- Turingin testit (*Turing tests*)
- Koneoppiminen ja tunnistaminen (*machine learning and recognition*)
- Bioniikka (*bionics*)



Näkymät tietojenkäsittelyn mekaniikoihin koostuvat lukuisista tarinoista

5. Muistamisen tarinoita.

- Muistihierarkiat (*hierarchies of storage*)
- Viittausten paikallisuus (*locality of reference*)
- Välimuistit (*caching*)
- Osoiteavaruudet ja niiden kuvaukset (*address space and mapping*)
- Nimeäminen (*naming*)
- Yhteiskäyttö (*sharing*)
- Haku nimen perusteella (*retrieval by name*)
- Haku sisällön perusteella (*retrieval by content*)



Viisi tarinaa tietojenkäsittelyn mekaniikoista

Tietojenkäsittelyn keskeiset periaatteet	Suunnittelun periaatteet
	Tietojenkäsittelyn mekaniikat: <ol style="list-style-type: none">1. laskenta: Turingin koneet2. kommunikointi: protokollapino3. koordinointi: synkronointi4. automatisointi: Turingin testi5. muistaminen: välimuisti



HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

Johdatus tietojenkäsittelytieteeseen

5. Tietojenkäsittelyn mekaniikat

5.1 Laskenta: Turingin koneista

Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta
Tietojenkäsittelytieteen laitos



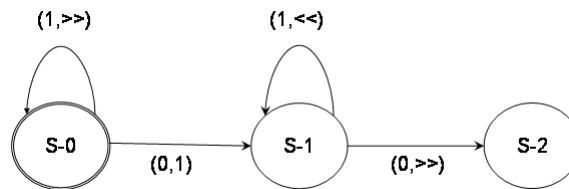
Turingin koneet

- Turingin kone on tietokoneen toiminnan teoreettinen malli.
 - Englantilainen matemaatikko Alan Turing.
 - Ajalta ennen tietokoneita.
 - Taustalla Gödelin epätäydellisysteoreema vuodelta 1931.
 - Matematiikassa on olemassa lauseita, jotka ovat tosia, mutta niitä ei voi todistaa.
 - Tarkat ohjeet laskentatehtävän mekaaniseksi suorittamiseksi.
- Laskennan rajojen tutkimiseksi.
 - Mitä voidaan algoritmisesti ratkaista.



Turingin koneet

- Turingin kone on tilakone: se on aina yhdessä tiloistaan.
 - Tiloja (*state*) on äärellinen joukko.
 - Peräkkäismuisti on yksiulotteinen (nauha ilman loppua).
 - Aakkosto on äärellinen (usein vain 0 ja 1).
 - toimenpiteet: talletus, luku- ja kirjoituspään siirto (>> tai <<).
- Tilasiirtymät: <nykytila, aakkonen, uusitila, toimenpide>
- Turingin kone: "Lisää yksi":



Turingin koneiden laskennallinen voima

- Churchin - Turingin teesi.
 - Ei ole olemassa ongelmaa, joka voitaisiin ratkaista tietokoneella, mutta ei Turingin koneilla.
 - Ei ole pystytty todistamaan.
 - Ei ole kumottu eli ei tunneta vastaesimerkkejä.



Turingin koneet

- Laskettavuuden teoriasta.
 - Turingin koneiden avulla on todistettu, että pysähtymisongelma (*halting problem*) on laskennallisesti ratkeamaton.
 - Ei ole olemassa ohjelmaa, joka pystyisi päättämään päättykö vai ei minkä tahansa toisen ohjelman suoritus millä tahansa syötteellä.
 - Turingin todistus perustuu vastaesimerkkiin.



Universaalit Turingin koneet (*universal Turing machines, UTM*)

- Jokainen Turingin kone laskee yhden tietyn laskettavissa olevan funktion arvon.
- Turing osoitti, että on olemassa universaali Turingin kone, joka pystyy simuloimaan minkä tahansa Turingin koneen toiminnan.
 - Universaalial Turingin konetta voi pitää ohjelmoitavana tietokoneena.
- Universaalit Turingin koneet ovat yllättävän ”pieniä”.
 - Pienimmät tunnetut ovat
 - 2 x 18: 2 tilaa 18 aakkosta,
 - 3x10, 4x6, 5x5, 7x4, 10x3, 22x2.



Laskettavuuden rajoja etsimässä

- Mitkä (millaiset) ongelmat ovat todistettavasti algoritmisesti ratkeamattomia?
 - Esiintyy esim. muodollisen päättelyn alueella, mikä on vaikuttanut mm. tekoälyn kehittymiseen.
- Mitkä (millaiset) ongelmat voidaan periaatteessa ratkaista algoritmisesti, mutta laskenta tuloksen saamiseksi kestää niin kauan, että ratkaisu on valmistuttuaan käytännössä hyödytön.
 - Tällaisia hankalia eli NP-täydellisiä (*NP-complete*, *intractable*) ongelmia on runsaasti esim. tilanteissa, joissa halutaan löytää paras mahdollinen ratkaisu.



Laskennallinen vaativuus

- n on algoritmilta annettavan syötteen koko.
- Algoritmin tarvitsema operaatioiden määrä eli aikavaatimus tuloksen laskemiseksi voi olla esimerkiksi $O(n \log n)$ eli verrannollinen operaatioiden lukumäärään $n \log n$.
- Jos algoritmin aikavaativuus on $O(e^n)$, niin algoritmin
 - sanotaan olevan skaalautumaton ja
 - laskenta-aika kasvaa eksponentiaalisesti syötteen koon kasvaessa.



Laskennallisen vaativuuden tuntemisen merkityksestä

- Ei kannata tuhlata aikaa algoritmin kirjoittamiseen, jos on todistettu ettei tavoiteltua algoritmia ole olemassa.
- Jos tulee luvanneeksi kirjoittaa pysähtymisongelman ratkaisevan algoritmin, niin jossakin vaiheessa joutuu tunnustamaan ettei osaa.
 - Ammatilainen ei olisi tullut luvanneeksi.
- Tietojenkäsittelyn ammattilaisen tietoihin kuuluu laskennan teorian perusteiden ja perustulosten hallinta ja taitoihin kuuluu laskennan vaativuuden arviointi.



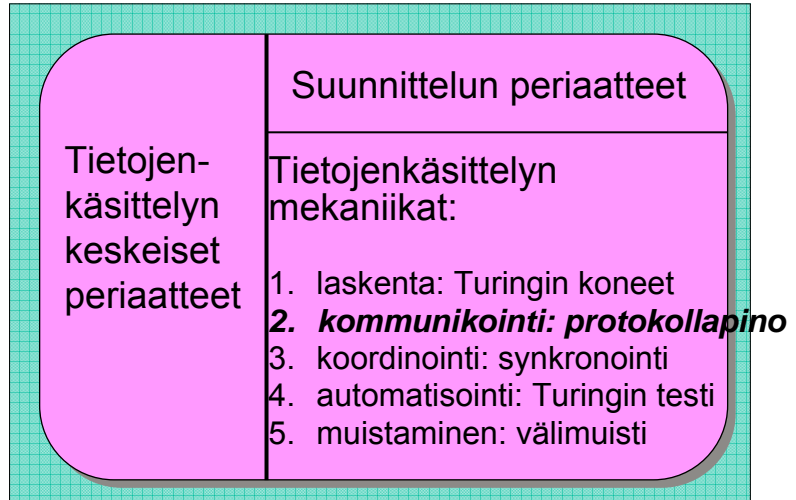
HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

Johdatus tietojenkäsittelytieteeseen 5. Tietojenkäsittelyn mekaniikat 5.2 Kommunikointi: protokollapino

Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta
Tietojenkäsittelytieteen laitos



Viisi tarinaa tietojenkäsittelyn mekaniikoista



ISO:n (*International Standardization Organization*) OSI-malli (*Open Systems Interconnection Reference Model*)





OSI-mallin periaatteita

- Ylempi kerros on lähempänä käyttäjää kuin alempi.
- Kukaan kerros käyttää vain välittömästi alemman kerroksen toimintoja ja tarjoaa toimintojaan vain välittömästi ylemmälle kerrokselle. Rajapinnat on täsmällisesti määritelty.



Sovelluskerros

- Sovelluksen vuoropuhelu verkossa.
 - Määritellään viestit: niiden rakenne ja merkitys.
- Sovellustason protokollia ovat mm.
 - sähköposti,
 - uutisryhmät ja
 - Web.



Esitystapakerros

- Sanoman sisällön esitystapa.
- Internet-maailmassa perinteisesti ollut lähes olematon.
 - Jätetty sovelluksen sisäiseksi asiaksi.
- W3C:n (*World Wide Web Consortium*) XML (*eXtensible Markup Language*) on yleistynyt sanoman sisällön esitystapana.



Istuntokerros

- Perustetaan, hallitaan ja lopetetaan yhteys paikallisen ja toisaalla olevan sovelluksen välillä.
- Ei ole tarjottu Internetissä.
- Istuntokerroksen puuttuminen korvattu evästimillä (*cookie*).



Kuljetuskerros

- Sanoman siirtäminen päätepisteiden välillä.
- Internetin keskeiset kuljetusprotokollat ovat
 - TCP (*Transmission Control Protocol*), joka takaa luotettavan tietovuon ja
 - UDP (*User Datagram Protocol*), joka on epäluotettava tietosähke.



Verkkokerros

- Sanomien reititys lähettäjältä vastaanottajalle.
 - Ruuhkanhallinta.
- Internetissä verkkokerroksen keskeisin protokolla on IP (*Internet Protocol*).
 - Ruuhkanhallinta ratkaistu suoraviivaisesti: jos sanomia on liikaa, niin jotkut niistä tuhotaan.



Linkkikerros

- Toiminnot ja menettelytavat tiedon siirtämiseksi verkon kahden pisteen välillä.
 - Virheiden havaitseminen ja mahdollinen korjaus.
 - Muuttumattomat kehykset kuitataan vastaanotetuksi.
 - Rikkoontuneet pyydetään lähettämään uudelleen.



Fyysinen kerros

- Bittien lähettäminen tiedonsiirtokanavaa pitkin.
- Tiedonsiirtolaitteiden sähköiset fyysiset ominaisuudet.
 - Määritellään volttilarvo kummallekin bitille (0 ja 1).
 - Bitin kesto.
 - yms.



DoD-malli (*Department of Defence*) on TCP/IP-pinon perusta



DoD- ja OSI-mallien erot

- DoD-mallista puuttuvat esitystapa- ja istuntokerrokset.
 - Toiminnallisuus toteutetaan jokaisessa sovellustason protokollassa erikseen.
- DoD-mallissa fyysinen ja linkkikerros on yhdistetty verkkoonpääsykerrokseksi.
 - Käytännössä erolla ei ole suurta merkitystä.
 - Toiminnallisuus on yleensä verkkokortilla.



HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

Johdatus tietojenkäsittelytieteeseen

5. Tietojenkäsittelyn mekaniikat

5.3 Koordinointi: synkronointi

Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta
Tietojenkäsittelytieteen laitos



Koordinoinnin tarinoita

- Ihmisten välinen (*human-to-human*)
- Ihmisen ja tietokoneen välinen (*human-computer*)
- Tietokoneiden välinen (*computer-computer*)
 - Synkronointi (*synchronization*)
 - Kilpatilanteet (*race*)
 - Lukkiutuminen (*deadlock*)
 - Sarjallistuvuus (*serializability*)
 - Atomiset toimenpiteet (*atomic actions*)



Synkronointi

- Synkronointi eli tahdistus on aikaan liittyvää koordinoitua.
- Esimerkiksi monikanavaviestinnässä eri kanavien tietovirtojen tulee edetä samaa tahtia.
- Toisissa tilanteissa synkronoinilla varmistetaan, että itsenäisten toimijoiden (väli)tulokset valmistuvat oikeassa järjestyksessä.



Kellojen synkronointi

- Eräs hajautetun tietojenkäsittelyn perusongelma.
- GPS – *Global Positioning System*.
- NTP – *Network Time Protocol*.



Synkronoinnin keskeiset ongelmat

- Liittyvät usein yhteiskäyttöisten resurssien hallintaan.
- Ratkaisuiden on estettävä sekä nälkiintyminen että lukkiutuminen.
 - Nälkiintyminen (*starvation*): joku joutuu odottamaan vuoroaan ikuisesti.
 - Lukkiutuminen (*deadlock*): kaikki odottavat, että joku toinen tekisi jotain.



Tuottaja – kuluttaja ongelma

- Tuottajan tuotettava ennen kuin kuluttaja voi kuluttaa.
- Välivaraston (puskurin) täytyessä on tuottajan odotettava, että kuluttaja kuluttaa.
- Kun tuottajia ja kuluttajia on useita, niin on myös huolehdittava poissulkemisesta.
 - Tuottajien tuotokset on saatava välivarastossa eri paikkoihin.
 - Kaksi kuluttajaa ei saa saada samaa tuotosta.
 - Samanaikaiset lisäykset ja poistot eivät saa sotkea varastokirjanpitoa.



Lukija – kirjoittaja ongelma

- Kaikki voivat lukea samanaikaisesti, mutta vain yksi kerrallaan voi kirjoittaa.
- Kirjoittajan näлкиintyminen on estettävä.
 - Jos kirjoittaja ei saa kirjoitusvuoroa, niin kaikki lukijat lukevat vanhentunutta tietoa.



Kilpatilanne (*race condition*)

- Virhe järjestelmän suunnittelussa.
- Kaksi signaalia kilpailee siitä, kumpi pääsee ensin vaikuttamaan tulokseen.
 - Kaksi tai useampi ohjelma pääsee synkronoimattomasti käsiksi yhteiskäyttöiseen resurssiin samanaikaisesti.

```
global integer A = 0;
task Received()
  { A = A + 1; }
task Timeout()
// Print only the even numbers
  { if (A is divisible by 2)
    { print A; } }
```

- Received aktivoituu aina, kun sarjaportti aiheuttaa keskeytyksen eli vastaanottaa dataa.

- Timeout aktivoituu kerran sekunnissa (kellolaitekeskeytys).



Mahdollinen suoritusjärjestys

```
global integer A = 0;
3. task Received()
4.     { A = A + 1; }
1. task Timeout()
   // Print only the even numbers
2.     { if (A is divisible by 2)
5.         { print A; } }
```

- Timeout tulostaakin parittoman A:n arvon, jos askeleessa 2 oli parillinen A.



Aterioivat filosofit

<http://www.doc.ic.ac.uk/~jnm/concurrency/classes/Diners/Diners.html>



HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

Johdatus tietojenkäsittelytieteeseen

5. Tietojenkäsittelyn mekaniikat

5.4 Automatisointi: Turingin testi

Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta
Tietojenkäsittelytieteen laitos



Automatisoinnin tarinoita

- Kognitiivisten tehtävien simulointi (*simulation of cognitive tasks*)
- Automatisoinnin filosofia (*philosophical distinctions about automation*)
- Asiantuntemus ja asiantuntijajärjestelmät (*expertise and expert systems*)
- Älykkyyden lisääminen (*enhancement of intelligence*)
- Turingin testit (*Turing tests*)
- Koneoppiminen ja tunnistaminen (*machine learning and recognition*)
- Bioniikka (*bionics*)



Turingin testi

- Ihminen kirjoittaa kahdelle testattavalle (ihminen ja tietokone) kysymyksiä.
- Saamiensa kirjallisten vastausten perusteella hän yrittää päätellä, kumpi vastaajista on tietokone.
- Perustuu englantilaiseen seurapiirileikkiin *Imitation game*.
- Turing ehdotti testiään älykkyyden määritelmäksi 1950.
 - Keskustelua käytiin värikkäästi tietokoneen kyvyistä.
 - Ajatteleva kone (*thinking machine*).
 - Sähköaivot.
- Nykyisin Turingin testiä pidetään marginaali-ilmiönä tekoäly-yhteisössä.



Turingin testin arvostelua

- Toimii kuin ihminen ei ole järkevä tavoite.
 - Ihminen tekee virheitä.
- Lentäminen perustuu aerodynamiikkaan.
 - Linnun hyväkään matkiminen ei riitä.
- John Searlen kiinalainen huone.
- Älykkyys ei ole matkimista.
 - Tietoisuus.
 - Tavoitteellisuus.



Turingin testin läpäisemisen edellytyksiä

1. Luonnollisen kielen käsittely.
 2. Tietämyksen esittäminen.
 3. Automaattinen päättely.
 4. Koneoppiminen.
- Kaikki tietojenkäsittelyn, erityisesti tekoälyn, keskeisiä ongelmia.



Osaongelmien tunnuspiirteitä

1. Luonnollisen kielen käsittely.
 - Järjestelmän on ymmärrettävä sille esitetyt kysymykset ja muotoiltava vastaukset.
 - Eräs ongelma: yksi sana – monta eri asiayhteydestä riippuvaa merkitystä.
2. Tietämyksen esittäminen.
 - Järjestelmän on talletettava tietämänsä ja kuulemansa.
 - Tietämyksen laajetessa talletuksen ja etsinnän tehokkuudet voivat olla ongelmallisia.



Osaongelmien tunnuspiirteitä

3. Automaattinen päättely.

- Järjestelmän on talletetun informaation perusteella osattava tehdä päätelmiä, joiden perusteella vastaus voidaan muotoilla.
- Loogisen päättelyn jotkut ongelmat ovat todistetusti ratkeamattomia, joten järjestelmän on myös osattava päätellä, mitä se ei pysty päättelemään.

4. Koneoppiminen.

- Järjestelmän on sopeuduttava uusiin tilanteisiin.
- Järjestelmän "maailmankuva" muuttuu uuden datan perusteella.
 - Maailmankuvalla tarkoitetaan järjestelmän käytössä olevaa mallia kiinnostavista asioista.



Turingin testin läpäisemisestä

- Yleisesti pidetään mahdottomana.
- "Oikea vastaus väärään kysymykseen".
 - Yleensä hyödytön.
 - Turingin testin tapauksessa hyödyllinen: osaongelmien ratkaisut olisivat hyödyllisiä.
 - Luonnollisen kielen automaattinen käsittely (ihmisen ja koneen vuorovaikutus).
 - Tietämyksen automaattinen esittäminen ja käyttäminen.
 - Automaattinen päättely (mitä käyttäjä seuraavaksi haluaa).
 - Koneoppiminen.
- Järjestelmän tulee toimia siten kuin ihminen HALUAA.



HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

Johdatus tietojenkäsittelytieteeseen

5. Tietojenkäsittelyn mekaniikat

5.5 Muistaminen: välimuisti

Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta
Tietojenkäsittelytieteen laitos



Muistamisen tarinoita

- Muistihierarkiat (*hierarchies of storage*)
- Viittausten paikallisuus (*locality of reference*)
- Välimuistit (*caching*)
- Osoiteavaruudet ja niiden kuvaukset (*address space and mapping*)
- Nimeäminen (*naming*)
- Yhteiskäyttö (*sharing*)
- Haku nimen perusteella (*retrieval by name*)
- Haku sisällön perusteella (*retrieval by content*)



Välimuistit

- Miten saadaan dataa nopeasti käsiteltäväksi.
 - Prosessori ↔ keskusmuisti.
 - Keskusmuisti ↔ massamuisti.
 - Internetin siirtoviiveet.

- Data talletetaan väliaikaisesti käsittelypaikan lähelle.
 - Prosessorin välimuisti.
 - Tiedostovälimuisti.
 - Webin välimuisti.



Välimuistit

- Välimuistit ovat osoittautuneet keskeisiksi tietokoneiden suoritusnopeuden kasvattamisessa.

- Datan käsittely on usein paikallista (*locality of reference*).
 - Tietoalkiota käsitellään useita kertoja ajallisesti lähekkäin.
 - Lähekkäin olevia tietoalkioita käsitellään usein ajallisesti lähekkäin.
 - Tietorakenteen alkiot.
 - Tiedoston läpikäynti.



Välimuistin hallinta

- Välimuisti on pieni verrattuna varsinaiseen muistiin.
- Välimuistista poisto (*replacement policy*).
 - LRU: *least recently used*.
- Kirjoitus varsinaiseen muistiin, kun välimuistiin on kirjoitettu (*write policy*).
 - Läpikirjoitus (*write-through cache*).
 - Viivästetty kirjoitus (*write-back cache*).
- Eheysprotokolla (*coherency protocol*).
 - Sama tieto välimuistissa ja varsinaisessa muistissa.
 - Vanhentuminen (*stale*).



Prosesorin välimuisti

- Prosessorit nopeutuneet enemmän kuin muistipiirit ja väylät.
- Prosessorilla pieni ja nopea välimuisti.
 - Laitteistototeutus.
- Nykyisin useita erikoistuneita välimuisteja.
- Tavoite: saantiviiveen (*access latency*) lyhentäminen.



Muistien nopeusongelmia

- 1970-luku: supertietokoneiden ongelma.
- 1980-luku: graafisten työasemien ongelma.
- 1990-luku: pöytäkoneiden ongelma.
- 2000-luku: prosessori suorittaa satoja käskyjä yhden keskusmuistista noudon aikana.



Virtuaalimuisti

- Jokaisella suoritettavalla ohjelmalla on illuusio, että se on yksin tietokoneessa ja voi käyttää omaa osoiteavaruutta (*address space*).
- Prosessori muuttaa virtuaaliosoitteet todellisiksi muistiosoitteiksi.
- Prosessoreissa on yleensä osoitteenmuunnokset tekevä laitteisto.
 - Muistinhallintayksikkö (*memory management unit, MMU*).
 - MMU:lla on yleensä oma välimuisti.
 - Osoitteenmuunnospuskuri (*translation lookaside buffer, TLB*).



Proessorin käskynkäsittely

- Liukuhihnoitus (*pipelining*) nopeuttaa prosessoreja.
- Idea: käskyn suoritus voidaan jakaa vaiheisiin:
 - Käskyn nouto (*instruction fetch*).
 - Osoitteenmuunnos (*address translation*).
 - Tietoalkion nouto (*data fetch*).
- Muistiin on päästävä käsiksi jokaisessa vaiheessa.
 - Jokaisella vaiheella oma välimuisti.
 - Laitteistotasolla ei tarvitse varautua kilpatilanteeseen.

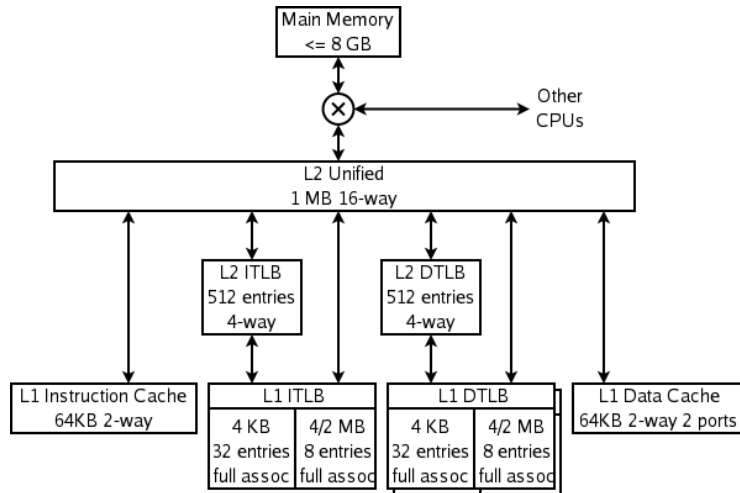


Välimuistien hierarkia

- Nykyisissä prosessoreissa on yleensä hierarkkinen välimuistijärjestelmä.
- Suunnittelussa joudutaan tekemään kompromisseja (*tradeoff*).
 - Mitä laajempi välimuisti sitä hitaampi, mutta osumistodennäköisyys (*hit ratio*) suurempi eli noudettava tieto on välimuistissa useammin.
 - Nykyisissä prosessoreissa on yleensä ainakin kaksi välimuistitasoa.



AMD Athlon 64 prosessorin välimuistit



HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

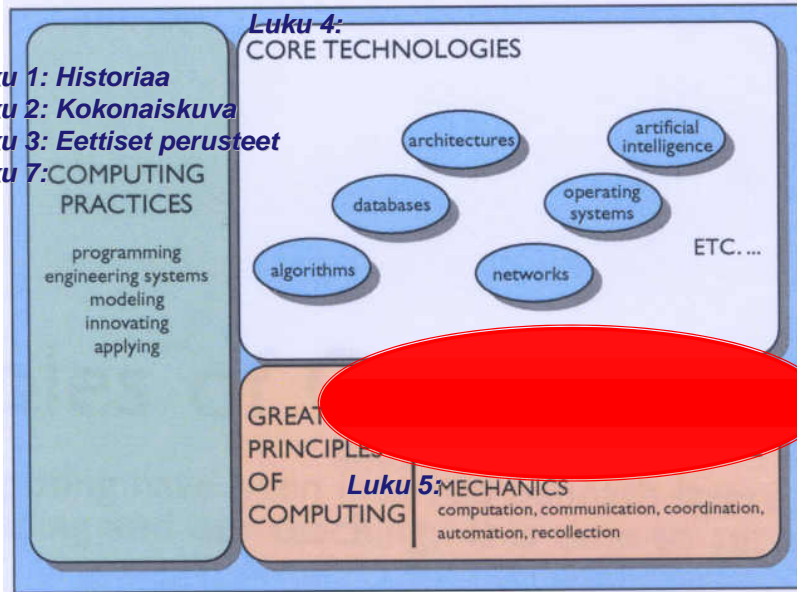
Johdatus tietojenkäsittelytieteeseen 6. Suunnittelu

Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta
Tietojenkäsittelytieteen laitos

Kurssin sisältö

Lähde: Peter J. Denning: Great Principles of Computing (Communications of the ACM, 46, 11, marraskuu 2003, sivut 15-20).

- Luku 1: Historiaa
- Luku 2: Kokonaiskuva
- Luku 3: Eettiset perusteet
- Luku 7: COMPUTING PRACTICES



Suunnittelu





Suunnittelun vakiintuneita käytäntöjä

- Abstrahointi (*abstraction*).
 - Epäolennaisten yksityiskohtien häivyttäminen.
- Informaation piilottaminen (*information hiding*).
 - Ohjelmiston osan (moduulin) sisäisten tietojen ja tietorakenteiden piilottaminen muilta ohjelmiston moduuleilta.
- Moduulit (*modules*).
 - Ohjelmiston jakaminen osiin siten, että osien väliset vuorovaikutukset ja rajapinnat ovat hyvin määriteltyjä.
- Erikseen kääntäminen (*separate compilation*).
 - Moduulien kääntäminen erikseen ja linkittäminen myöhemmin suorituskelpoiseksi kokonaisuudeksi.



Suunnittelun vakiintuneita käytäntöjä

- Pakkaukset (*packages*).
 - Jakelu- ja asennusyksikkö, johon on koottu ohjelmisto(je)n osat ja dokumentaatiot.
- Versionhallinta (*version control*).
 - Menetelmät, joilla hallitaan ohjelmiston kehitystyötä ja sen aikana syntyviä ohjelmaversioita.
- Hajota ja hallitse (*divide-and-conquer*).
 - Suuret kokonaisuudet jaetaan pienempiin ja helpommin hallittaviin osakokonaisuuksiin.
- Toimintatasot (*functional levels*).
 - Toiminnallisuuden ryhmittely eri tasoiksi toimenpiteiksi.



Suunnittelun vakiintuneita käytäntöjä

- Kerrosajattelu (*layering*).
 - Toimintakokonaisuuden jakaminen kerroksiin siten, että kukin kerros tarjoaa joitakin (muutamia) palveluja ylemmälle kerrokselle ja käyttää alemman kerroksen palveluja.
- Hierarkiat (*hierarchy*).
 - Suunnittelussa hierarkiat liittyvät yleensä olio-ohjelmoinnin luokkarakenteeseen.
- Ongelmien eriyttäminen (*separation of concerns*).
 - Periaate, jonka mukaan keskitytään kerrallaan yhteen, hyvin määriteltyyn (osa)tehtävään.
- Uudelleenkäyttö (*reuse*).
 - Olemassa olevien moduulien, määritysten, suunnitelmien jne käyttäminen sen sijaan, että tehtäisiin uudestaan.



Suunnittelun vakiintuneita käytäntöjä

- Rajapinta (*interface*).
 - Rajapinnan välityksellä ohjelmisto- tai laitteistokomponentti tarjoaa toiminnallisuutensa muiden komponenttien käyttöön.
- Virtuaalikone (*virtual machine*).
 - Ohjelmisto, joka toteuttaa määritellyn abstraktin koneen toiminnallisuuden.



Suunnittelun viisi tavoitetta

1. Yksinkertaisuus (*simplicity*).
 - Abstraktiot ja rakenteet, joilla hallitaan sovelluksen luontaista monimutkaisuutta.
2. Suorituskyky (*performance*).
 - Suoritusstehon (*throughput*) ja vasteajan (*response time*) ennustaminen, pullonkaulojen (*bottlenecks*) paikallistaminen sekä kapasiteetin suunnittelu (*capacity planning*).
3. Luotettavuus (*reliability*).
 - Päällekkäisyys (*redundancy*), toipuminen (*recovery*), varmistaminen (*checkpointing*), eheys (*integrity*) ja luottamus (*trust*).



Suunnittelun viisi tavoitetta

4. Kehitettävyyys (*evolvability*).
 - Varautuminen toiminnallisuuden ja käytön laajuuden muutoksiin.
5. Tietoturva (*security*).
 - Pääsynvalvonta (*access control*), salassapito (*secrecy*), yksityisyys (*privacy*) autentikointi (*authentication*) ja turvallisuus (*safety*).



Suunnittelun rajoitteet

- Kustannukset.
- Aikataulut.
- Yhteensopivuus (*compatibility*).
- Käytettävyys (*usability*).



HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

Johdatus tietojenkäsittelytieteeseen

6. Suunnittelu

6.1 Yksinkertaisuus

Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta
Tietojenkäsittelytieteen laitos