

# Rinnakkaiset ja hajautetut

## digitaaliset järjestelmät

- Opintojakson nimi viittaa lähinnä tietotekniisiin järjestelmiin, jollaisia on kylläkin esimerkiksi merkinantoprotokollien muodossa ollut käytössä jo ennen tietokoneen keksimistä.
- *Hajautuneisuus* on rinnakkaisuuden erikoistapaus, jossa kokonaisjärjestelmän toiminta perustuu ajankäytöllisesti itsenäisten paikallisten järjestelmien väliseen viestintään.
- *Digitaalisuus* on säätötekniinen käsite ja tarkoittaa, että järjestelmän tilan kehittyminen voidaan esittää epätiheässä ajassa tapahtuvina tilamuutoksina.

T-79.179 17.1.2005 – p. 1/9

## Aihealueesta

- *Formaalit menetelmät* ovat osoittautuneet hyödyllisiksi rinnakkaisten ja hajautettujen järjestelmien *oikeellisuustarkasteluissa*.
- Opintojakso keskittyy formaalien menetelmien osa-alueeseen: järjestelmien *mallittamiseen* ja *analysointiin Petri-verkkojen ja prosessialgebran avulla*.
- *Rinnakkaisuuden lieve-ilmiöissä* on tyypillisesti kyse varsin arkisista asioista. Oheinen esimerkkiajo demonstroi nfs-tiedostojärjestelmän aikaleimakäytännön lievää epäjohdonmukaisuutta, joka varmastikin haittaa vaikkapa make-ohjelman käyttöä.

T-79.179 17.1.2005 – p. 2/9

## Aikaleimaesimerkin alkuosa

```
Script started on Thu Jan 13 19:30:29 2005
kva@rhea 99: cat xenon.sh
#!/bin/sh
# rhea.tcs.hut.fi käyttää nfs:n läpi xenon.tcs.hut.fi:n hakemistoa /var/www.
cd /var/www
mkdir tmpkva
cd tmpkva
# Alinakemistoon tmpkva luodaan tyhjat tiedostot t0-t9 numerojärjestyksessä.
# Kukin parillisnumerosuinen tiedosto luodaan muotoa "cat < /dev/null > nimi"
# olevalla komennolla ja kukin paritonnumerosuinen tiedosto vastaavasti
# muotoa "touch nimi" olevalla komennolla. Kommento "sleep 1" aiheuttaa
# sekunnin mittaisen tauon. Yksittäisen luontikomennon aiheuttamien
# etätoimenpiteiden muodostama viive lienee huomattavasti lyhyempi kuin
# tuollainen tauko. Kaikki oheisen echo-komennon tulostamat paradoksit
# lienevät jotenkin selitettävissä koneiden rhea ja xenon kellojen
# eriaikaisuudella.
p=0
q=0
while [ $p -le 9 ] ; do
  if [ $q -eq 0 ] ; then
    cat < /dev/null > t$p
  else
    touch t$p
  fi
  sleep 1
done
```

T-79.179 17.1.2005 – p. 3/9

## Aikaleimaesimerkin loppuosa

```
r=0
while [ $r -lt $p ] ; do
  if [ $r -nt $q ] ; then
    echo "t$r:lle on kirjattu myöhempi muutoshetki kuin t$q:lle."
  fi
  r=`expr 1 + $r`
done
p=`expr 1 + $p`
q=`expr 1 - $q`
done
cd ..
rm -rf tmpkva
kva@rhea 100: ./xenon.sh
t0:lle on kirjattu myöhempi muutoshetki kuin t1:lle.
t0:lle on kirjattu myöhempi muutoshetki kuin t3:lle.
t2:lle on kirjattu myöhempi muutoshetki kuin t3:lle.
t2:lle on kirjattu myöhempi muutoshetki kuin t5:lle.
t4:lle on kirjattu myöhempi muutoshetki kuin t5:lle.
t4:lle on kirjattu myöhempi muutoshetki kuin t7:lle.
t6:lle on kirjattu myöhempi muutoshetki kuin t7:lle.
t6:lle on kirjattu myöhempi muutoshetki kuin t9:lle.
t8:lle on kirjattu myöhempi muutoshetki kuin t9:lle.
kva@rhea 101: exit
```

Script done on Thu Jan 13 19:30:55 2005

T-79.179 17.1.2005 – p. 4/9

## Käsitteiden suomennoksista

- Opintojakson käsittelemällä tieteenalalla suomenkielinen nimistö on varsin vakiintumatonta. Se, mitä alla sanotaan, koskee lähtökohtaisesti vain kevään 2005 T-79.179-luentoja.
- Jotta taikaisinkääntäminen olisi mahdollisimman helppoa, lähes jokainen sivistyssanalta näyttävä englanninkielinen sana suomennetaan samannäköiseksi sivistyssanaksi.
- Suositaan yhdyssanoja sanaliittojen kustannuksella: oikeinkirjoitussäännöt sallivat yhdysviivojen ja välilyöntien säästeliään käytön. Tyyli on siis pitkälti sama kuin kemiallisten yhdisteiden nimiä kirjoitettaessa.

T-79.179 17.1.2005 – p. 5/9

## Petri-verkoista

- Nimityksen lähtökohtana on Carl Adam Petrin väitöskirja vuodelta 1962. Vastedes verkko tarkoittaa aina jonkinlaista Petri-verkkoa. Verkko muodostuu paikoista, transitioista ja kaarista.
- *Paikkaa* kutsutaan joskus *ehdoksi* tai *predikaatiksi*. Paikka piirretään aina ympyränä, ellipsinä tai ovaalina.
- *Transitiota* kutsutaan joskus *tapahtumaksi*. Transitio piirretään aina neliönä, suorakaiteena tai janana.
- *Kaari* piirretään aina joko suorana tai mutkittelevana nuolena joko paikasta transitiioon tai transitiosta paikkaan. Kaarella voi olla erillinen *paino* tai *lauseke*.

T-79.179 17.1.2005 – p. 6/9

## Merkinnöistä

- Jos tarkastellaan verkkoa ajallisesti, verkolla on jokaisessa aikapisteessä täsmälleen yksi *merkintä*. Merkintää kutsutaan joskus *tapaukseksi* tai *tilaksi*. *Tulevaisuuskeskeisissä tarkasteluissa* verkolle on määritelty erillinen *alkumerkintä*.
- Merkintä muodostuu *paikkakohtaisista merkkien monijoukoista*. Tällainen monijoukko esitetään tyypillisesti piirtämällä paikan sisään kunkin merkin edustajasymboli niin monta kertaa kuin ko. merkki ko. monijoukossa esiintyy. Alkumerkinnän ollessa määritelty kuva esittää alkumerkintää, ellei asiayhteyden perusteella ole toisin pääteltävissä.

T-79.179 17.1.2005 – p. 7/9

## Verkon käytös = merkkipeli

- Pelilaudalla olevasta merkinnästä päästään pelaajan valitsemalla *askeleella* (ks. allaoleva määrittely) *täsmälleen yhteen merkintään*. Muita etenemistapoja ei ole.
- *Transitio t* on *vireessä* joss kaikissa paikoissa on *t:n* kaarten, paikoille määriteltyjen kriteerien ja mahdollisten *t:n* erilliskriteerien suhteen sopivat merkkiyhdistelmät. Vastaavasti voidaan määritellä *vireessäolo yksittäiselle t:n instanssille* eli *t:n* mahdollisten muuttujien suhteen kiinnitetyille *t:n* edustajalle. Lopulta voidaan määritellä *vireessäolo monijoukolle joidenkin transitioiden joitakin instansseja*. *Vireessäolevaa transitioinstanssien monijoukkoa kutsutaan askeleeksi*.

T-79.179 17.1.2005 – p. 8/9

## Käytösgraafi ja sen aligraafeja

- Merkkipeli määrittelee ns. *käytösgraafin*  $\Psi$ , jossa solmuina ovat kaikki syntaktisesti mahdolliset merkinnät.  $\Psi$ :ssä on  $M$ :stä  $M'$ :uun  $X$ -niminen kaari joss  $X$  on  $M$ :lle  $M'$ :n tuottava askel.
- 2.6(e)[Rei85]:n yleistys: Jokainen  $\Psi$ :n *kytketty komponentti* (ei sanaa “vahvasti”) on ns. *tapausgraafi*. Kieltämällä tyhjä askel (edellä ja 2.1(b)[Rei85]:ssä) selitetään Fig.28[Rei85].
- $\Psi$ :n *polku* on  $\Psi$ :n *peruspolku* joss jokainen ko. polun kaaren nimi on kooltaan 1 oleva askel. *Saavutettavuusgraafi alkumerkinnän  $M$  suhteen* on se  $\Psi$ :n aligraafi, joka sisältää kaikki  $M$ :stä lähtevät  $\Psi$ :n peruspolut ja jonka jokainen muu polku on osa  $M$ :stä lähtevää  $\Psi$ :n peruspolkua.