



Aalto-yliopisto
Perustieteiden
korkeakoulu

Verkostohäiriöiden laskennallinen riskiarviointi (valmiin työn esittely)

Ville Pohjalainen

16.6.2014

Ohjaaja: Jussi Kangaspunta

Valvoja: Ahti Salo

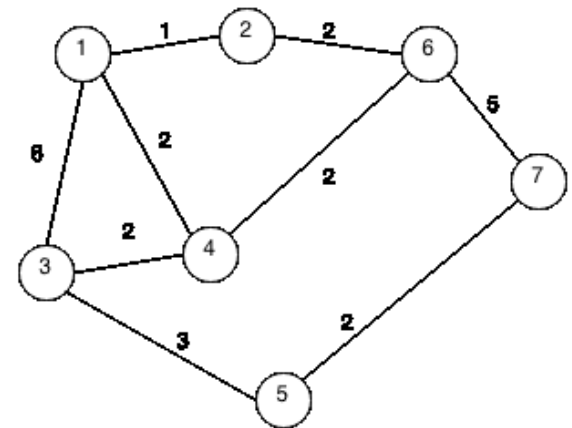
Työn saa tallentaa ja julkistaa Aalto-yliopiston avoimilla verkkosivuilla. Muilta osin kaikki oikeudet pidätetään.

Työn tavoite

- Luoda kirjallisuuskatsaus yleisesti käytettyihin menetelmiin verkostojen toiminnallisuutta arvioitaessa.
- Verkoston toimintakykyä kuvaavien tunnuslukujen valinta ja vertailu.
- Tutkia tehokkaiden portfolioiden löytämiseen tarkoitettun laskenta-algoritmin suorituskykyä.
 - J. Kangaspunta ja A. Salo. A Resource Allocation Model for Improving the Resilience of Critical Transportation Systems. Manuscript, (2014).

Verkostojen toiminnallisuus 1/2

- Monia tapoja tutkia: lyhimmät polut, liitettävyys, virtaus jne.
- Mikä yhdistelmä solmujen hajoamista heikentää verkoston toiminnallisuutta eniten vs. valittu toimintakyvyn mittari?
- Verkosto, jossa kaarien väliset numerot voivat kuvastaa esim. virtauksia ja etäisyyksiä.



Verkostojen toiminnallisuus 2/2

- Toiminnallisuuden selvittäminen: simulointimallit, optimointitehtävät, Dijkstra (lyhimmät polut).
- Yleiset verkostoa (graafia) kuvaavat tunnusluvut: halkaisija, LM-mitta, keskimääräinen lyhin polku.

Käytetyt toiminnallisuuden mittarit

- Käytettyjä toiminnallisuuden mittoja olivat: Latora ja Marchiorin esittämä, yhteyksiin ja pariyhteyksiin perustuva.
- LM-mitta: $v(x) = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i \neq j} \frac{1}{d_{ij}(x)}$
- Yhteydet: Onko ensimmäisten kahden toimittajasolun ja kahden viimeisen käyttäjäsolun välillä yhteyksiä?
- Pariyhteydet: $v(x) = \sum \frac{g_{ij}(x)}{\binom{n}{2}}$

Algoritmi tehokkaiden portfolioiden identifioimiseen

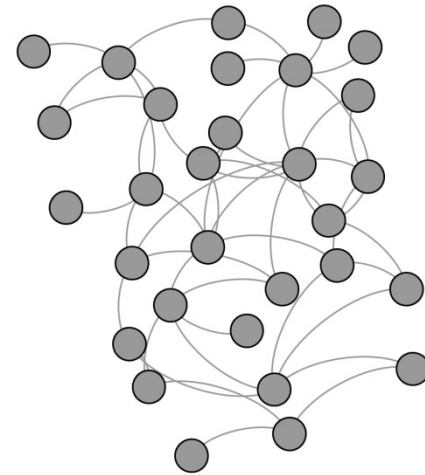
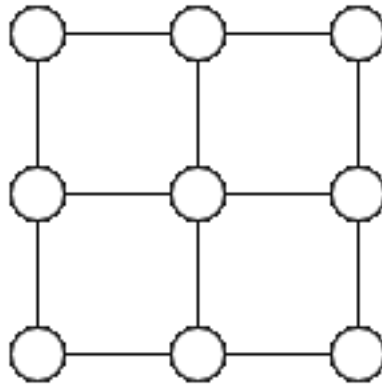
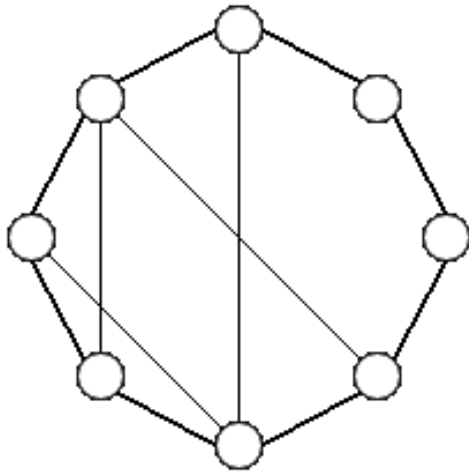
1. Alusta $v(x, w) \forall x \in \chi$ ja $w \in S_w$
2. $Q^0 \leftarrow \{[0, \dots, 0]\}$
3. for $k = 1, \dots, r$
4. $Q^k \leftarrow \{q \in Q_F \mid q_k = 1 \wedge \exists q' \in Q^{k-1} : q_l = q'_l, l \neq k\}$
5. $Q^k \leftarrow Q^k \setminus \{q \in Q^k \mid \exists q' \in Q^{k-1} : q' \succ q\}$
6. $Q^{k-1} \leftarrow Q^{k-1} \setminus \{q \in Q^{k-1} \mid \exists q' \in Q^k : q' \succ q\}$
7. $Q^k \leftarrow Q^k \cup Q^{k-1}$
8. end for
9. $Q_{CE} \leftarrow Q^r$

Toteutus

- Solmujen hajoamistodennäköisyydet kaikilla samat. Riskitoimenpiteitten kustannukset ja vaikutukset myös samoja kaikilla solmuilla.
- Riskimitoista käytettiin CVaR: koherentti ja huomioi häntäpään riskit paremmin kuin esim. VaR.
 - $CVaR_\alpha(v, w) = \mathbb{E}[v(x, w) | v \leq VaR_\alpha(v, w)]$
- Vikaantuvien solmujen määrä rajattu siten, että vain 10 solmua voi vikaantua $\rightarrow 2^{10} = 1024$ eri tilaa verkostolla

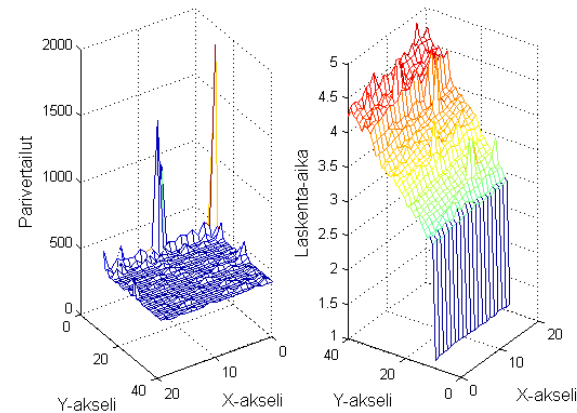
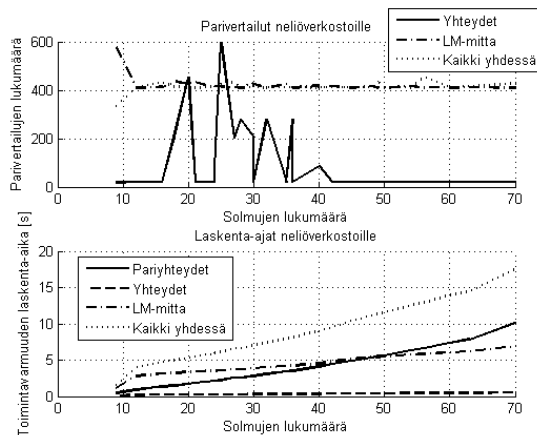
Tutkittavia verkostotyyppejä

- Verkostot valittu kirjallisuudesta. Valintaan vaikutti se, että niistä on mahdollista generoida säännöllisiä ja kasvattaa verkon kokoa.



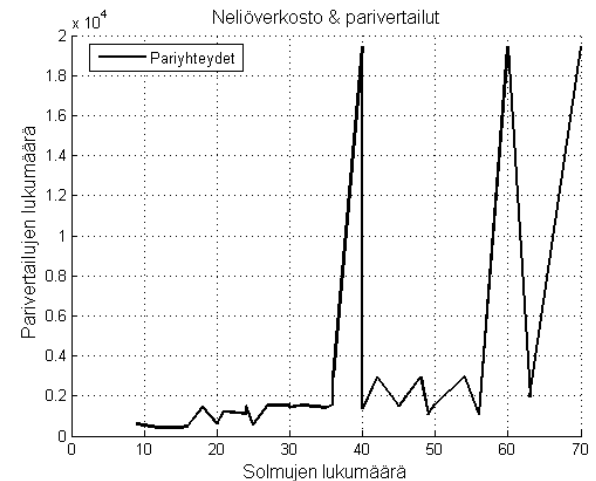
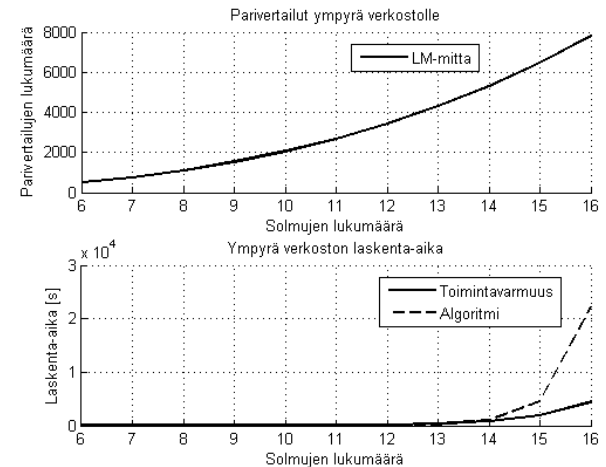
Tulokset

- Parivertailujen lukumäärään vaikutti verkoston koko ja käytetty toiminnallisuuden mittari.
- Toimintavarmuuksien laskenta-ajat riippuivat myös verkoston koosta sekä kaarien määrästä.
- Yleisesti ottaen parivertailujen lukumäärä suppeni kohti tiettyä väliä.



Erikoistapauksia

- Laskettiin tapaukset, kun kaikki solmut saavat vikaantua.
- Parivertailujen määrä kasvoi eksponentiaalisesti.
- Laskenta-ajat algoritmilla sekä LM-mitalla myös eksponentiaalisia.
- Neliöverkostoilla paikoittain isoja piikkejä, kun toiminnallisuutta mitattiin pariyhteisillä.



Yhteenveto

- Algoritmin suorittamat parivertailut riippuivat verkoston tilojen määrästä sekä valitusta toimintakyvyn indikaattorista.
- Huonoimmillaan laskenta-ajat sekä algoritmilla että toimintavarmuudella eksponentiaalisia.
- Jatkotutkimuksen kohteena: parametrien variointi (herkkyysanalyysi), lisää erilaisia verkostoja.

Lähteet

- J. Kangaspunta & A. Salo. A Resource Allocation Model for Improving the Resilience of Critical Transportation Systems. Manuscript, (2014).
- A. Murray. An overview of network vulnerability modeling approaches. GeoJournal, 78:209-221, (2013).
- G. Brown, M. Carlyle, J. Salmeron & K. Wood. Defending critical infrastructure. Interfaces, 36, 530-544, (2006).