



Aalto-yliopisto  
Perustieteiden  
korkeakoulu

# Kaksintaistelun approksimatiivinen mallintaminen (valmiin työn esittely)

*Juho Roponen*

*10.06.2013*

Ohjaaja: *Esa Lappi*

Valvoja: *Ahti Salo*

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

# Työn tausta

- Puolustusvoimien teknillisellä tutkimuslaitoksella kehitetään taistelumallinnustyökaluja
- Pelien luominen ja pelaaminen taistelumallinnustyökaluilla vie aikaa.
- Tarvitaan välituloksia, jotta voidaan päättää, miten simulaation tulisi edetä
  - Kaksintaistelun tuloksesta riippuen taistelu voi lähteä kahteen erilliseen suuntaan
  - Tarve mallintaa kahden yksikön välistä taistelua tehokkaasti ja nopeasti
  - Halu tutkia millaisia menetelmiä tähän voisi käyttää

# Tavoitteet

- Työn tavoitteena oli tutkia, miten hyvin aiemmin kehitetyt menetelmät suoriutuvat
  - Wintersim-konferenssissä 2012 esitelty menetelmä (Lappi et al., 2012)
  - Voisiko sitä parantaa jotenkin?
- Projektin tarkoituksena oli myös implementoida kaksintaistelumalli käytettäväksi taistelumallinnusohjelma Sandiksessa (Lappi and Pottonen, 2006), mutta se ei varsinaisesti ole osa tätä työtä
- Myöhemmin tarkoitus lisätä vastaava malli myös Sandis 2:een.

# Lyhyt katsaus ratkottavaan ongelmaan

- Kahden joukon välinen suoratuuliaseilla käytävä taistelu
- Joukkojen vahvuutta eri ajanhetkillä mallinnetaan todennäköisyysjakaumilla
- Esimerkki vahvuusjakaumasta:

Vahvuus	4	3	2	1	0
todennäköisyys	0,2	0,4	0,25	0,1	0,05

- Jos joukkoon vaikutetaan aseella, joukon uusi vahvuusjakauma voidaan laskea kertomalla vahvuusjakauma matriisilla, joka pitää siirtymätodennäköisyydet tilojen välillä

# Tilasiirtomatriisi

		Mistä				
Mihin?	0,7					
	0,2	0,7				
	0,1	0,2	0,6			
	0,05	0,1	0,15	0,5		
	0,05	0,1	0,25	0,5	1	

- Joukon vahvuusjakauma  $n:n$  askeleen jälkeen saadaan kertomalla alkuvahvuus  $v_0$  tilasiirtomatriisilla  $A$   $n$  kertaa
- $v_n = A^n v_0$

# Kahden joukon tapaus

- Kahden toisiaan ampuvan joukon tapauksessa tilanne monimutkaisempi
  - Kummankin joukon tappiot vaikuttavat toisen joukon tappioihin
- Täytyy seurata joukkojen vahvuuksien yhteisjakaumaa  $(a,b)$  sen sijaan, että pidettäisiin kirjaa vain vahvuuksista  $a$  ja  $b$  erikseen
  - Tilatodennäköisyysvektorin pituus on  $(a_0+1)(b_0+1)$  ja tilasiirtomatriisin dimensio  $(a_0+1)(b_0+1) \times (a_0+1)(b_0+1)$
  - Laskenta-ajat siis kasvavat todella nopeasti joukon koon kasvaessa

# 1. approksimatiivinen menetelmä

[Lappi et al., 2012]

- Oletetaan joukkojen edellisen askeleen vahvuudet keskenään riippumattomiksi, jos taistelu jatkuu edelleen
- Tehdään kaikki laskennat ainoastaan ehdollisilla reunajakaumilla
- Arvioidaan joukkojen voittotodennäköisyydet rekursiivisesti kunkin aika-askeleen tappioiden perusteella
- Tilanteissa, jossa joukko on voittanut tai lyöty, jakaumat arvioidaan rekursiivisesti jokaisen aika-askeleen tappioiden perusteella

# 2. approksimatiivinen menetelmä

## Kehitetty 1. menetelmän pohjalta

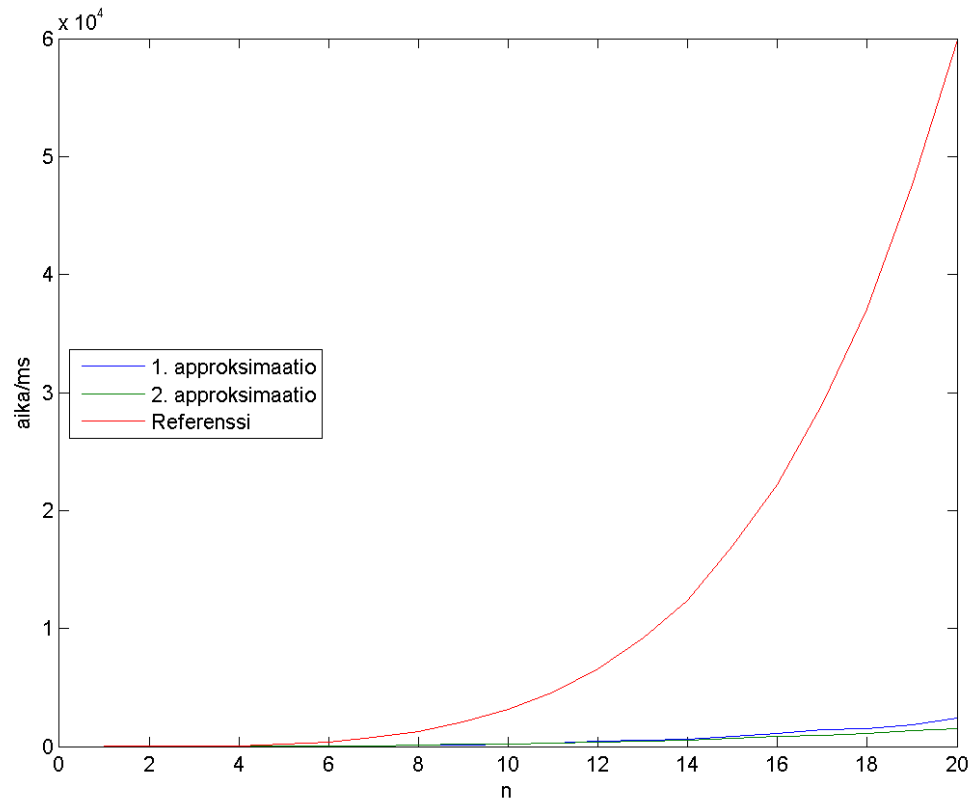
- Oletetaan joukkojen edellisen askeleen vahvuudet keskenään riippumattomiksi aina
- Tehdään kaikki laskennat reunajakaumilla
- Arvioidaan joukkojen voittotodennäköisyydet rekursiivisesti jokaisen aika-askeleen tappioiden perusteella
- Tilanteissa, jossa joukko on voittanut tai lyöty, jakaumat arvioidaan rekursiivisesti jokaisen aika-askeleen tappioiden perusteella



# Tutkimusmenetelmät

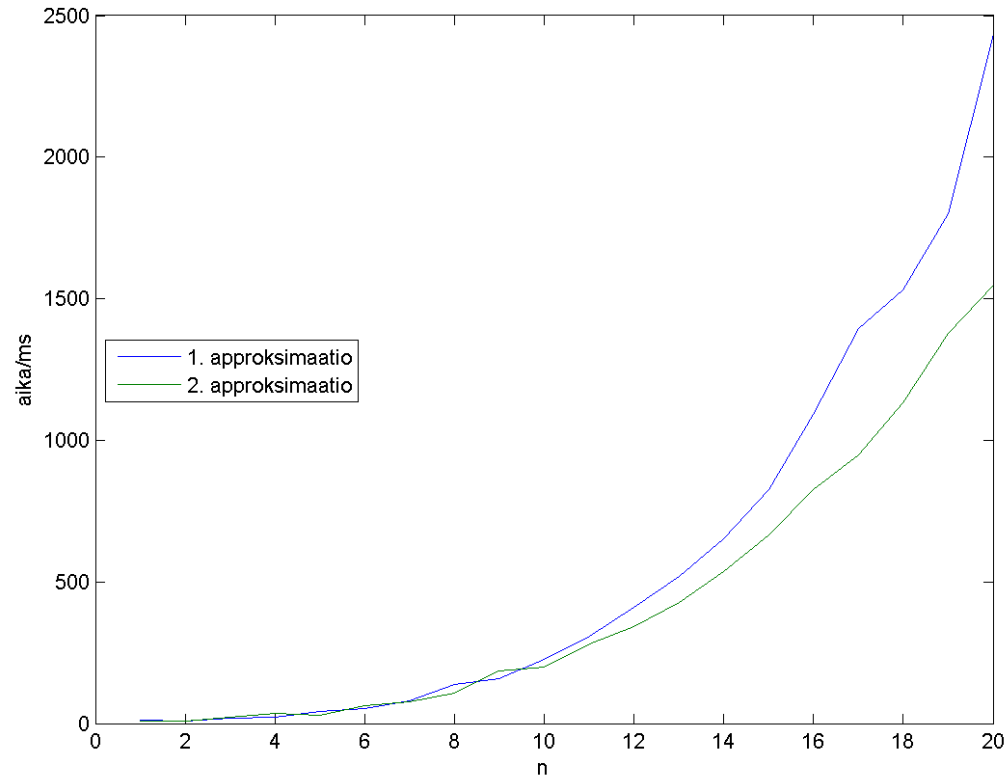
- Java-ohjelmointikielellä toteutettiin
  - Molemmat approksimatiiviset menetelmät sekä
  - Referenssimenetelmä, joka käytti laskemiseen molempien joukkojen vahvuuksien yhteisjakaumaa
    - Lopputilojen todennäköisyydet ja vahvuusjakaumat saadaan laskettua yhteisjakaumasta suoraan
- Menetelmiä vertailtiin useilla eri testiskenaarioilla
- Vertailtavat suureet olivat:
  - Nopeus
  - Kyky ennustaa taistelun lopputilojen todennäköisyyksiä
  - Kyky ennustaa vahvuusjakaumia eri lopputiloissa

# Menetelmien nopeudet



- Toisen joukon alkuvahvuus  $5n$  ja toisen  $4n$

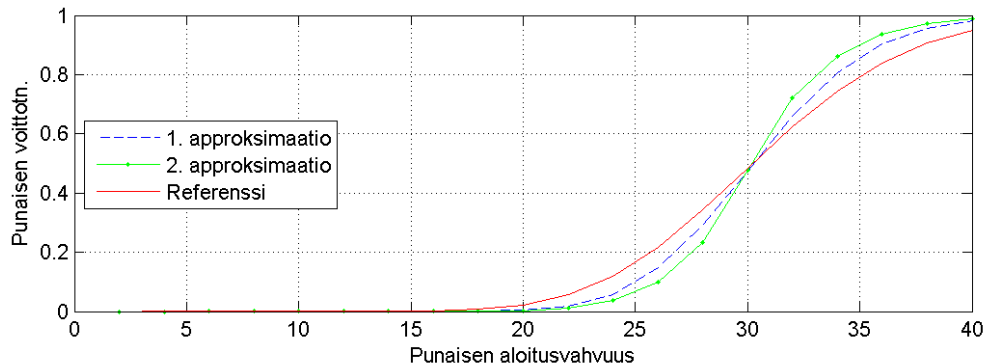
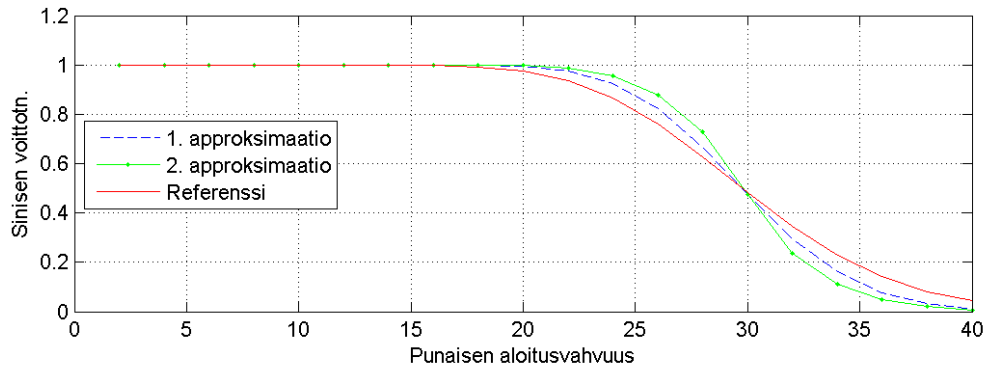
# Menetelmien nopeudet



- Toisen joukon alkuvahvuus  $5n$  ja toisen  $4n$

# Voittotodennäköisyyksien virheet

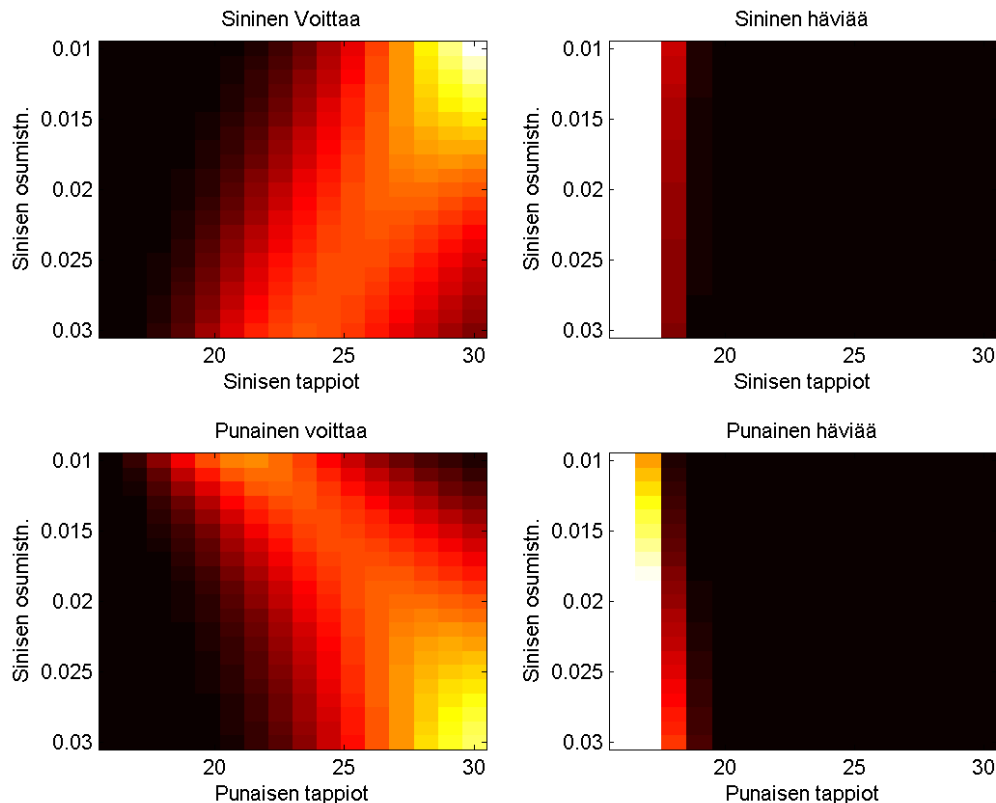
Voittotodennäköisyyksien kehitys Punaisen joukon alkuvahvuuden muuttuessa



- Testissä Punaisen alkuvahvuus muuttuu välillä 2-40 ja Sinisen pysyy vakiona
- 1. approksimatiivinen menetelmä ennustaa voittotodennäköisyyden hieman tarkemmin
- Tilanne samankaltainen myös muilla testiskenaarioilla

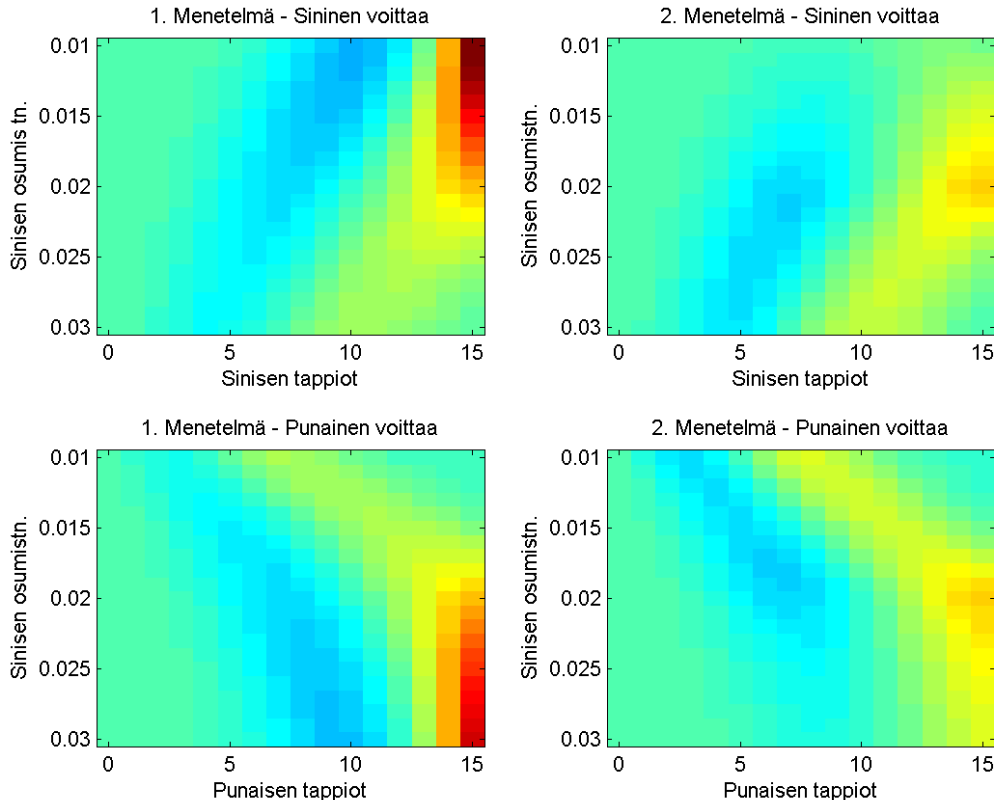
# Lopputilojen jakaumat

Joukkojen lopputilojen todennäköisyysjakaumat



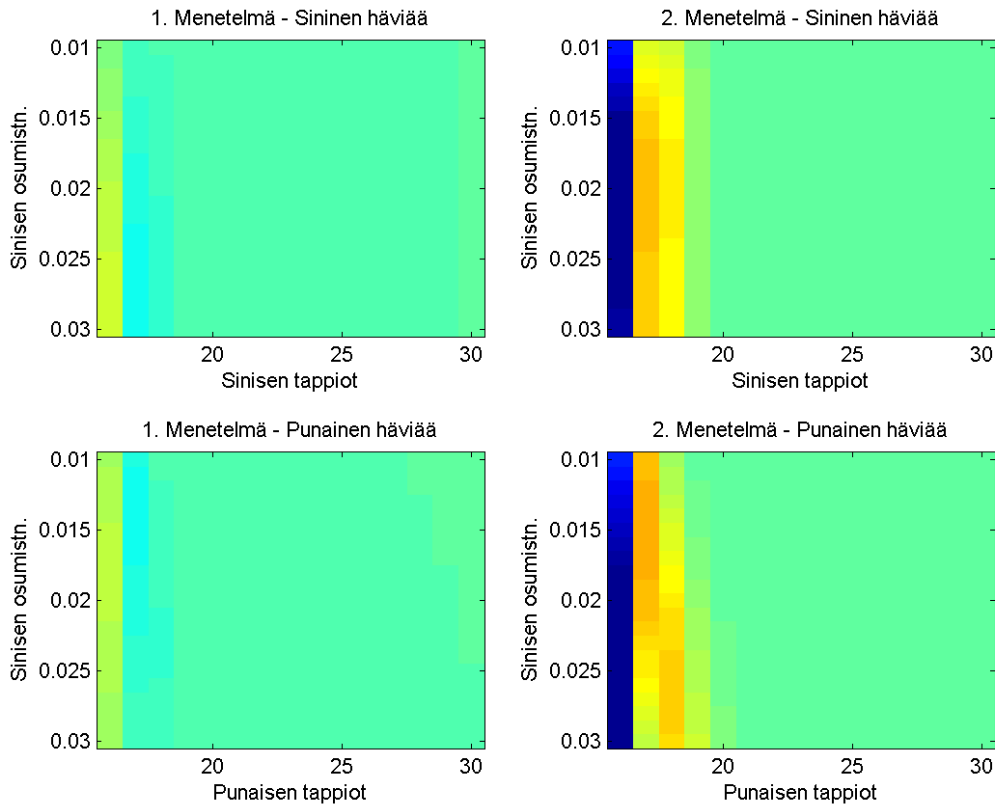
- Testissä varioitiin Sinisen joukon osumistodennäköisyyttä Punaisen pysyessä 0,02:ssa
- Kuvissa näkyy referenssimenetelmän antamat ”oikeat” tulokset

# Menetelmien virheet voittavan yksikön vahvuusjakauman ennustamisessa



- Kyseessä sama testiskenaariosarja, kuin edellisessä kalvossa
- Tummin mahdollinen väri edustaa 10 prosenttiyksikön virhettä
- Punainen positiivinen, sininen negatiivinen, vihreä neutraali
- Hieman yllättäenkin toinen menetelmä onnistuu ennustamaan lopputilan todennäköisyysjakaumia ensimmäistä paremmin

# Menetelmien virheet lyödyn yksikön vahvuusjakauman ennustamisessa



- Kyseessä sama testiskenaariosarja, kuin kahdessa edellisessä kalvossa
- Tummin mahdollinen väri edustaa 10 prosenttiyksikön virhettä
- Punainen positiivinen, sininen negatiivinen, vihreä neutraali
- Ensimmäinen menetelmä ennustaa lyödyn yksikön vahvuusjakauman tarkemmin

# Tulosten tarkastelua

- Kumpikaan menetelmä ei ole yksiselitteisesti toista parempi
  - Laskenta-ajat olivat hyvin lähellä toisiaan
  - Jos halutaan tietää varmemmin, kumpi joukko voittaa on ensimmäinen menetelmä parempi
  - Jos kiinnostus kohdistuu lopputilan jakaumiin voidaan käyttää toista menetelmää
- Jonkinlainen välimuoto tai yhdistelmä menetelmistä voisi olla myös käyttökelpoinen



# Projektin tuloksia

- Sandikseen toteutettiin kaksintaistelumalli ensimmäisen menetelmän mukaisesti
  - Malli toimii ainoastaan päätöksenteon tukena peliä luodessa ja sen edetessä
  - Lopputilojen todennäköisyyksiä ei suoraan käytetä mihinkään muuhun laskentaan
- Sandis 2:ssa voisi olla hyödyllistä harkita toistakin menetelmää
  - Kaksintaistelumallista voitaisiin ehkä ottaa jakaumat suoraan käyttöön loppupelin ajaksi

# Lähteet

E Lappi and O Pottonen. Combat parameter estimation in sandis OA software.

In Lanchester and Beyond A Workshop on Operational Analysis Methodology, edited by JS Hämäläinen, volume 11, page 3138, 2006.

E Lappi, M Pakkanen and B Åkesson. An approximative method of simulating a duel.

In Proceedings of the Winter Simulation Conference, WSC '12, page 208:1-208:10, Berlin, Germany, 2012. Winter Simulation Conference. URL <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2429759>. 2430038.