



Aalto-yliopisto
Perustieteiden
korkeakoulu

Seurantalaskimen simulointi- ja suorituskykymallien vertailu (valmiin työn esittely)

Joona Karjalainen

08.09.2014

Ohjaaja: *DI Mikko Harju*

Valvoja: *Prof. Kai Virtanen*

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

Tausta

Seurantalaskin

- Lentävän kohteen tilan (paikka, nopeus ja/tai kiihtyvyys) estimointi
- Paikkahavaintoja eri tutkilta eri ajanhetkinä
- Tilaestimaatti hyödyntäen erilaisia Kalman-suotimia
 - Oletus kohteen liikehdinnästä
 - Otetaan huomioon mittausvirhe ja mallinnusvirhe

Seurantalaskimen suorituskyvyn mittaaminen

- Kuinka hyvin seurantalaskin kykenee määrittämään kohteen tilan
 - Ero todellisuuden ja estimoidun tilan välillä

Seurantalaskimen simulointimalli

Pousi et al. (2014): *Assessing Performance of Air Surveillance Network by Combining Radar, Tracker and Operator Performance Models*

- Käytetään ilmavalvontajärjestelmän suorituskykytarkasteluissa
- Hyödyntää IMM-Kalman-suodinta (Interacting Multiple Model)
- Generoidaan ”todellinen” lentorata
- Havainnot saadaan lisäämällä todelliseen paikkaan mittausvirheet, jotka ovat valkoista kohinaa
- Syötetään havainnot IMM-Kalman-suotimelle
 - Verrataan tulosta todelliseen paikkaan, useita ajoja joiden perusteella arvioidaan paikkaestimaatin RMS-virhettä (Root Mean Square error)
- Portitus: Havainto hylätään, jos se poikkeaa liikaa suotimen tuottamasta lentoradasta
- Käyttökelpoinen, mutta laskenta on hidasta

Seurantalaskimen suorituskykymalli

Blair ja Miceli (2012): *Performance Prediction of Multisensor Tracking Systems for Single Maneuvering Targets*

- Tilaestimaattien RMS-virheiden arviointi ilman havaintojen generointia
- Huomattavasti simulointia nopeampi
- Perustuu yksinkertaisen α - β -Kalman-suotimen steady-state-tarkasteluihin

Tavoitteet

- Tutustutaan malleihin ja vertaillaan niiden toimintaa
- Muokataan suorituskykymallia tarpeen mukaan siten, että sitä voidaan käyttää samanlaisiin tarkasteluihin kuin simulointimallia
 - Parametrien valinta
 - Havaintojen aikavälien huomiointi
 - Usean liikehdintämallin käytön huomiointi
- Mallien antamien tulosten ja laskenta-aikojen vertailu
 - Esimerkkitapauksia joissa eri tutkakonfiguraatiot, lentoradat ja/tai lentokorkeudet

Mallien vertailu

- Suorituskyvyn mittarina paikkaestimaattien RMS-virhe tasossa ja korkeussuunnassa
- Kohteen lentorata joko suora tai kaartuva
- Visuaalinen karttojen vertailu
 - Antaa hyvän kokonaiskuvan mallien antamien tulosten eroista
- Mallien antamien RMS-virheiden erotuksien vertailu

Suorituskykymallin parametrien valinta

- Parametrit, jotka kuvaavat oletuksia kohteen kiihtyvyyksistä
- Simulointimallin ja suorituskykymallin parametreilla eri merkitys
 - Suorituskykymallin parametreja ei voida valita simulointimallin parametrien avulla
- Valitaan suorituskykymallin parametrit kokeilemalla:
 - Mallien antamat RMS-virheet ovat samaa suuruusluokkaa
 - Valintaa varten 4 esimerkkitapausta
 - 6 esimerkkitapausta mallien tulosten vertailuun
- Portitusta ei mallinneta eksplisiittisesti, mutta se otetaan huomioon parametreissa

Muutokset suorituskykymalliin

- Suorituskykymallissa oletetaan havaintojen samanaikaisuus
 - Ei päde, jos eri tutkilla on eri mittausaikavälit
 - Suorituskykymallissa käytetään ennusteiden RMS-virheitä estimaattien RMS-virheiden sijaan
- Simulointimallissa käytetään liikehdintämallia kaartuville kohteille, suorituskykymallissa ei ole
 - Kaarron aikana simulointimallin RMS-virhe pienenee ja suorituskykymallin RMS-virhe kasvaa
 - Valitaan suorituskykymallin parametrit erikseen kaartuvalle radalle

Tulosten numeerinen vertailu

- Muokatun suorituskykymallin tulokset vastaavat simulointituloksia
 - Hyvin neljässä esimerkkitapauksessa: mm. suorat lentoradat
 - Kohtalaisesti yhdessä esimerkkitapauksessa
 - Heikosti yhdessä esimerkkitapauksessa: todellinen liikehdintä poikkeaa voimakkaasti käytetyistä liikehdintämalleista
- Korkeussuunnassa RMS-virheet aina samaa suuruusluokkaa

Scenario no.	Comp. time (perf. model)	Comp. time (sim. model)	Avg. abs. diff. in 2D RMSE	Avg. abs. diff. in alt RMSE
1	0.4 s	268.4 s	47.9 m	133.1 m
2	1.4 s	2187.3 s	51.1 m	154.2 m
3	7.3 s	1978.1 s	79.2 m	134.1 m
4	1.1 s	1430.2 s	59.3 m	209.1 m
5	4.4 s	2098.2 s	256.9 m	181.7 m
6	6.0 s	2905.7 s	654.5 m	245.1 m

Table 4: The computation times and the average absolute differences between the RMSEs given by the models.

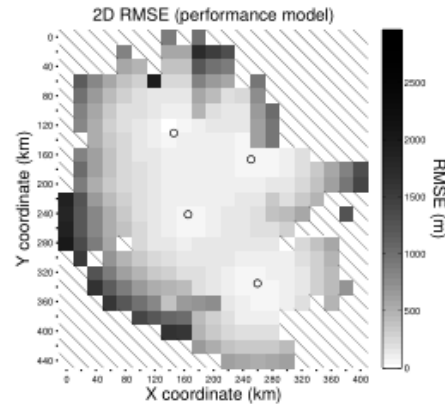
Karttojen vertailu: esimerkkitapaus 4

Simulointimallin ja muokatun suorituskykymallin antamat RMS-virheet tasossa ja korkeussuunnassa, esimerkkitapaus 4:

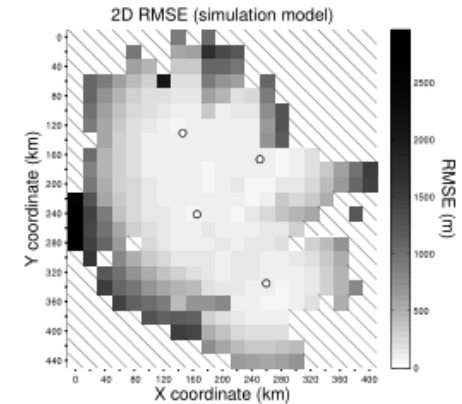
Kohteen korkeus 1000 m, suora lentorata.

Tulokset eivät identtisiä, mutta hyvin lähellä toisiaan.

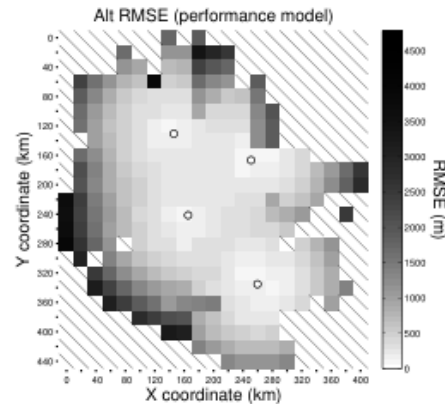
Laskenta-ajat 1.1 s ja 1430.2 s.



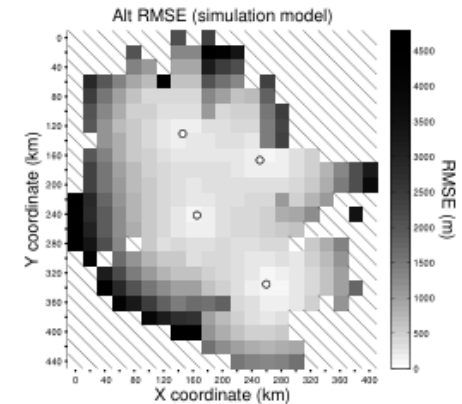
(a)



(b)



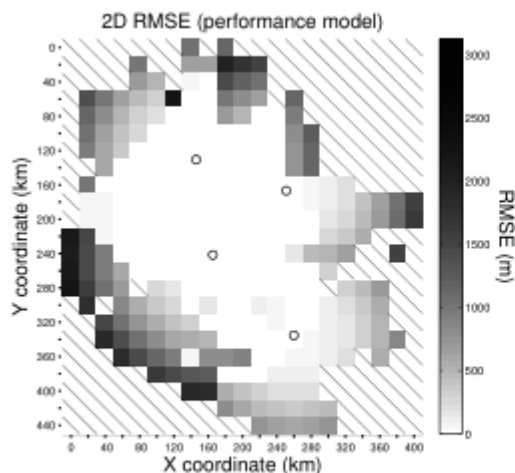
(c)



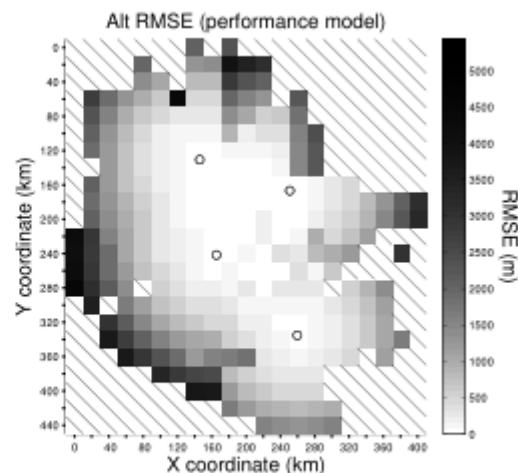
(d)

Esimerkkitapaus 4 ilman korjausta eriaikaisille havainnoille

Kun korjausta eriaikaisille havainnoille ei käytetä, RMS-virheet tulevat aliarvioiduiksi suorituskykymallissa.



(a)



(b)

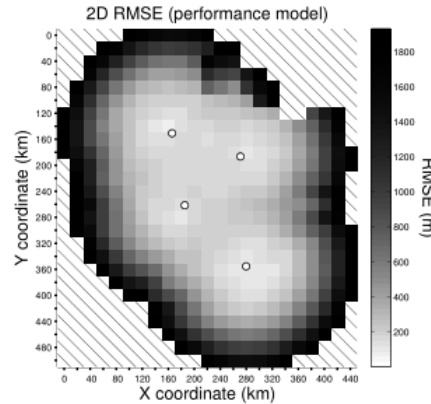
Karttojen vertailu: esimerkkitapaus 5

Simulointimallin ja muokatun suorituskykymallin antamat RMS-virheet tasossa ja korkeussuunnassa, esimerkkitapaus 5:

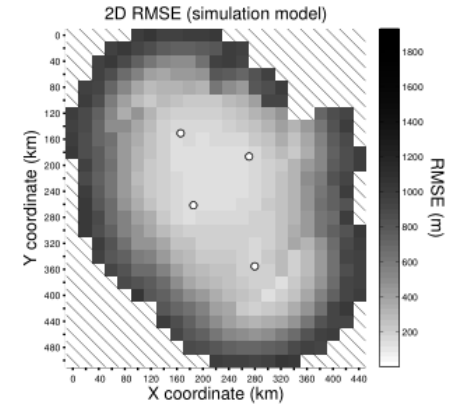
Kohteen korkeus 4000 m, voimakkaasti kaartuva lentorata.

RMS-virheet korkeussuunnassa edelleen samankaltaisia, mutta tason suunnassa selkeitä eroja.

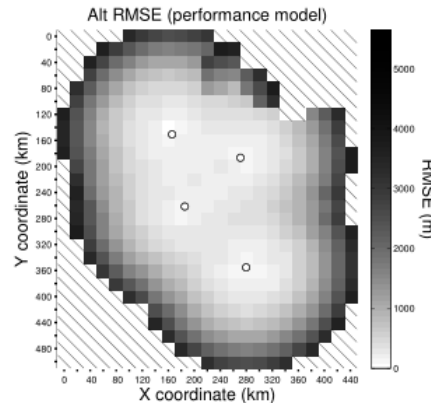
Laskenta-ajat 4.4 s ja 2098.2 s.



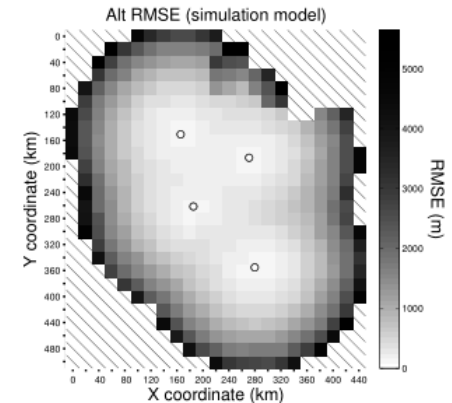
(a)



(b)



(c)



(d)

Johtopäätökset

- Suorituskykymallin parametrit voitiin valita siten, että suorituskykymallilla ja simulointimallilla saadaan samankaltaisia tuloksia
- Suorituskykymalliin tehdyt muutokset
 - Usean liikehdintämallin huomiointi suorituskykymallissa tuottaa useimmissa tapauksissa tuloksia, jotka lähellä simulointituloksia
 - Suorituskykymalliin tehty korjaus eriaikaisille havainnoille tuottaa tuloksia, jotka vastaavat simulointituloksia aiempaa paremmin
- Suorituskykymallin laskenta-ajat huomattavasti lyhyempiä myös muutosten jälkeen
- Työn tulosten perusteella suorituskykymalli on käyttökelpoinen reaali maailman ilmavalvontajärjestelmän suorituskykytarkasteluissa

Jatkotutkimuksen aiheita

- Portituksen eksplisiittinen mallintaminen
- Erilaisten virheen mittojen käyttö
 - Voidaanko suorituskykymallia käyttää esimerkiksi ennusteiden RMS-virheiden arviointiin?
- IMM-Kalman-suotimen tarkempi mallinnus
- Puuttuvien havaintojen huomiointi
- Parannuksissa kuitenkin huomioitava laskenta-ajat

Viitteet

- J. Pousi et al. (2014): *Assessing Performance of Air Surveillance Network by Combining Radar, Tracker and Operator Performance Models*, manuscript
- W. D. Blair, P. Miceli (2012): *Performance Prediction of Multisensor Tracking Systems for Single Maneuvering Targets*, Journal of Advances in Information Fusion