



Aalto-yliopisto
Perustieteiden
korkeakoulu

Hävittäjälentokoneen reitin suunnittelussa käytettävän dynaamisen ja monitavoitteisen verkko-optimointitehtävän ratkaiseminen A*-algoritmilla (valmiin työn esittely)

Joonas Haapala

8.6.2015

Ohjaaja: DI Heikki Puustinen

Valvoja: Prof. Kai Virtanen

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

Tausta 1/2

- Hävittäjälentokoneen reitin suunnittelu
 - Eriolaisten maasta-ilmaan ja ilmasta-ilmaan -uhkien välttäminen
 - Polttoaineen kulutus rajoitteena
 - Osa uhkista riippuu ajasta
- Suunnittelutehtävä mallinnetaan monitavoitteisena verkko-optimointitehtävänä
 - Uhat kuvataan verkon kaarien kustannuksina
 - Kokonaiskustannus = painotettu summa kaikista kustannuksista yli reitin => optimaalinen reitti
- Aiemmin aikariippumattomat kustannukset (esim. Puustinen, 2013; Royset, 2009)

Tausta 2/2

- Dijkstran lyhimmän reitin algoritmi => kustannukset minimoiva reitti
- A*-algoritmi
 - Nopeuttaa Dijkstran algoritmin suoritusta valitsemalla polun solmut heuristiikkafunktiolla
- Heuristiikkafunktio $h(x)$ arvioi reitin kustannusta jostakin solmusta x kohdesolmuun
 - Funktio vaikuttaa laskenta-aikaan
 - Nyt funktio saa muodon $h(x, t)$, jossa t on aika
 - Aikariippuvana NP-täydellinen ongelma
- Eräs heuristiikka euklidinen etäisyys solmujen välillä

Tavoitteet

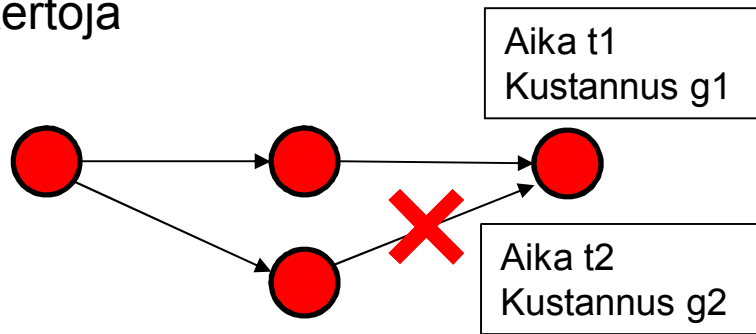
- Toteutetaan A*-algoritmi hävittäjäalentokoneen reitin suunnittelussa käytettävän monitavoitteisen verkko-optimointitehtävän ratkaisemiseksi
- Vertaillaan erilaisten heuristiikkafunktioiden vaikutusta A*-algoritmin laskenta-aikaan
 - Kaikki ratkaisut optimaalisia, kun h-funktio ei yliarvioi kustannusta

A*-algoritmin toteutus ja suorituskyvyn vertaileminen

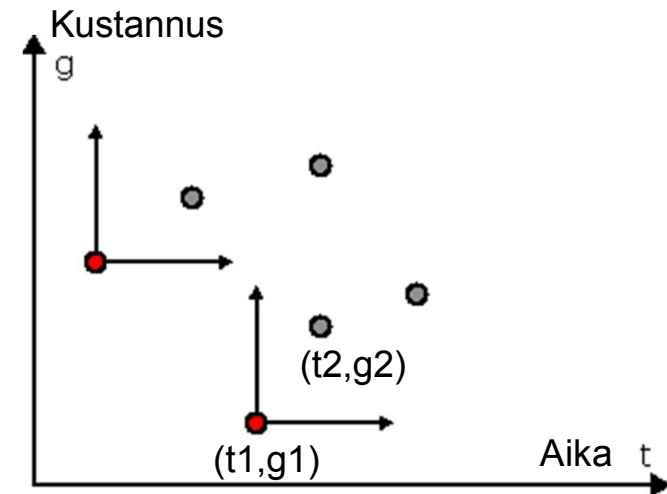
- A*-algoritmi toteutettiin C++-moduulina MATLABiin
- Ratkaisuja verrattiin olemassa olevan mallin (Puustinen 2013) antamiin ratkaisuihin
 - Aikariippumattomassa mallissa uhkien suuruus kiinnitetään tiettyyn kellonaikaan
 - Uudessa mallissa tätä rajoitusta ei ole
 - Ratkaisujen vertailussa mitataan uhkista kertyviä kustannuksia

Uusi dominanssirelaatio laskennan tehostamiseen

- Aikariippuvuus kasvattaa solmujen määrää eksponentiaalisesti
- Samaan solmuun voidaan saapua useita kertoja

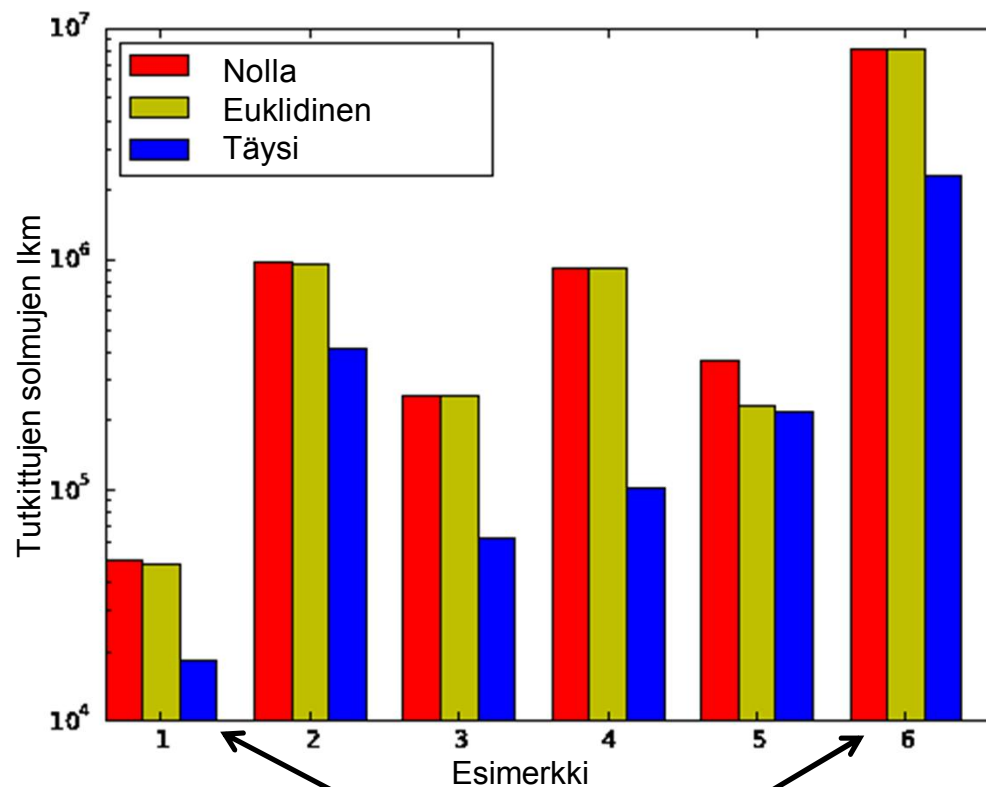


- Pällekkäisiä solmuja voidaan poistaa verkosta
 - Solmu dominoi toisen, jos sen aika tai kertynyt kustannus pienempi tai yhtäsuuri ja toinen on aidosti pienempi



Heuristiikkafunktioiden vertailutulokset

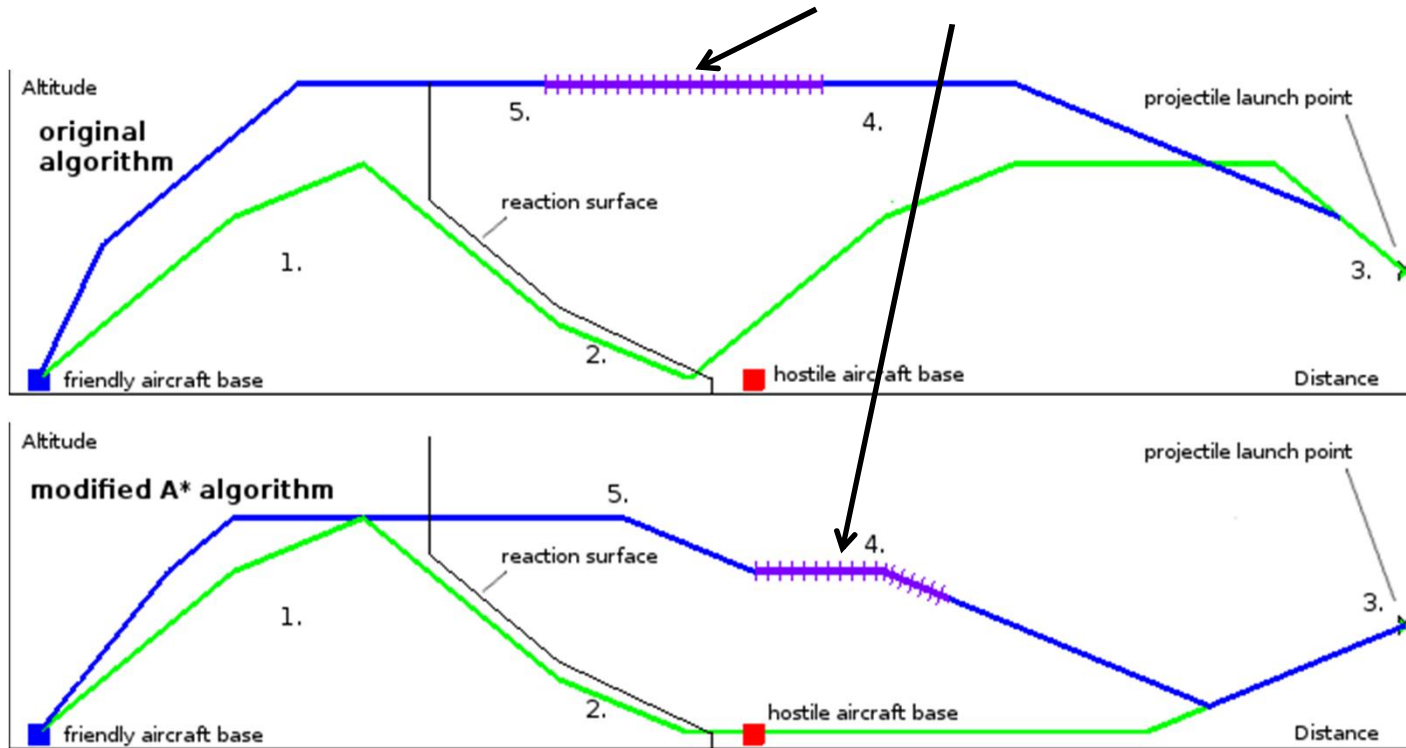
- Nolla: $h(x) = 0$
- Euklidinen: lyhin etäisyys linnuntietä
- Täysi: Painotettu summa kolmesta kustannuksesta
 - Etäisyys linnuntietä
 - Polttoainekulutus
 - Maasta-ilmaan-uhka



Täysi paras

Esimerkkiratkaisu: Dijkstra vs. uusi A*

A* välttää vihollisuhkaa tehokkaammin



Yhteenveto tuloksista

- Muokattu A* laskee hyödyllisemmät ja vihollisuhan suhteen realistisemmat reitit
- Täysi, painotettu heuristiikkafunktio mallintaa verkon kustannuksia parhaiten
- Karsimalla ongelmaa dominanssirelaatiolla ratkaisut monta kertaluokkaa lyhyemmässä ajassa
 - Esim. Työn esimerkit minuuteissa vs. vuorakausissa
- Tulevaisuudessa heuristiikka myös ilmasta-ilmaan-uhalle

Viitteet

- H. Puustinen (2013): *Military Aircraft Routing with Multi-Objective Network Optimization and Simulation*, Master's Thesis, Systems Analysis Laboratory, Aalto University
- E. Sezer (2000): *Mission Route Planning With Multiple Aircraft & Targets Using Parallel A* Algorithm*. Master's Thesis, Air Force Institute of Technology, School of Engineering and Management, OH
- M. S. Gudaitis (1994): *Multicriteria Mission Route Planning Using a Parallel A* Search*. Master's Thesis, Air Force Institute of Technology, School of Engineering and Management, OH
- T. Oshima (2008): *A Landmark Algorithm for the Time-Dependent Shortest Path Problem*. Department of Applied Mathematics and Physics, Kyoto University
- W.M. Carlyle, J.O. Royset, and R.K. Wood (2009): *Routing Military Aircraft with a Constrained Shortest-Path Algorithm*. Military Operations Research, Volume 14, Number 3, 2009, pp. 31-52(22)