

**Mat-2.177 Operaatiotutkimuksen
projektityöseminaari**

Viestiverkon toimintaluotettavuuden arviointi

Väliraportti 31.3.2006

Kohdeorganisaatio:

Puolustusvoimien Teknillinen Tutkimuslaitos

Yhteyshenkilö:

Esa Lappi, esa.lappi@pvtt.mil.fi

Ryhmä:

Tuukka Sarvi (projektipäällikkö) 57679S

Juha Saloheimo 57739V

Jaakko Niemi 55114S

Tapio Heimo 76453U

Johdanto

Väliraportissa esitellään projektitavoitteisiin tehdyt muutokset ja rajaukset. Raportissa käydään myös läpi mitä toimenpiteitä on suoritettu ja esitellään lyhyesti tämänhetkisiä saavutuksia ja tuloksia. Raportissa kerrotaan myös muista muutoksista alkuperäiseen projektisuunnitelmaan sekä mitkä ovat projektin loppuvaiheen suunnitelmat ja miten ne toteutetaan. Lisäksi projektin tämänhetkiset riskit käydään läpi ja mietitään miten niitä voidaan välttää.

Muutokset projektin tavoiteasettelussa

Muutos suhteessa projektisuunnitelmaan on se, että olemme hylänneet projektisuunnitelmassa määritellyn ensimmäisen tavoitteen: minimikatkosjoukkojen todennäköisyyden määrittämisen. Olemme tulleet siihen tulokseen, että minimikatkosjoukkoihin perustuva lähestymistapa on monimutkainen eikä se välttämättä anna hyviä vastauksia kohdeorganisaation kannalta kiinnostaviin kysymyksiin. Ensisijaiseksi lähestymistavaksi olemme valinneet Monte Carlo –simuloinnin, joka on helppo toteuttaa ja antaa suoria vastauksia kohdeorganisaation kannalta tärkeisiin kysymyksiin. Monte Carlo –simulaatiossa verkkoa samplataan (arvotaan verkon toteutumia) ja lasketaan kussakin toteutumassa halutut arvot (esim. onko A:n ja B:n välillä yhteyttä). Yhteystodennäköisyydet saa sitten laskettua vertaamalla niiden otosten määrää, jossa yhteys oli, otosten kokonaismäärään. Päätökseen Monte Carlo –simuloinnin valinnasta ensisijaiseksi lähestymistavaksi vaikutti käymämme keskustelut Ahti Salon kanssa. Kohdeorganisaatio on täysin hyväksynyt uuden lähestymistavan.

Projektisuunnitelmassa määritetty toinen tavoite – viestin läpimenotodennäköisyyden määrittävän mallin koodaaminen – on saavutettu. Siihen liittyvät Monte Carlo –simulaatioon perustuvat mallit on koodattu MATLAB:illa valmiiksi ja niistä on alustavia simulointituloksia.

Ensimmäisen tavoitteen hylkäämisen lisäksi olemme päättäneet ottaa yhden lisätavoitteen jo saavutetun tavoitteen lisäksi. Lisätavoite koskee verkoissa määriteltyjä solmujen kriittisyysmittoja. Kriittisyysmitat mittaavat solmun tärkeyttä annetussa verkossa. Olemme päättäneet asettaa tavoitteeksi koodata malli, joka laskee kriittisyysmitat annetun viestiverkon solmuille. Tulemme todennäköisesti käyttämään kriittisyysmittana ns. betweenness-mittaa, jota usein käytetään mitattaessa solmujen tärkeyttä. Betweenness-mittoja käyttäessä joudumme unohtamaan verkon toimintatodennäköisyydet – ainakaan ei ole tiedossa suoraa tapaa, jolla ne voitaisiin ottaa huomioon. Tämä ei välttämättä haittaa, koska mitan tarkoitus onkin antaa tietoa eri solmujen tärkeydestä – siis siitä, mitkä ovat ne solmut ja linkit, joiden toimintatodennäköisyydet tulisivat olla mahdollisimman suuria. Vaikuttaa siltä, että verkon todennäköisyydet voi kuitenkin ottaa huomioon epäsuorasti Monte Carlo –simulaation avulla. Ideana on siis samplata verkkoa siten, että jokaisella otoksella lasketaan verkon solmuille betweenness-mitat ja solmun lopullinen mitta on otteiden keskiarvo.

Olemme siis päätyneet uuteen tavoitemäärittelyyn projektin suhteen:

- Ensisijainen tavoite: rakenna ja koodaa malli, jonka avulla voidaan määrittää annetun viestiverkon toimintatodennäköisyys, ts. todennäköisyys, että solmusta A saadaan yhteys solmuun B (saavutettu).

- Lisätavoite: rakenna ja koodaa malli, jonka avulla voidaan tarkastella eri solmujen kriittisyyttä viestiverkon toiminnan kannalta esim. betweennes-mittoja käyttämällä.
- Muut tavoitteet: tuottaa hyödyllistä tietoa ja johtopäätelmiä viestiverkon toiminnasta viestiverkon rakenteen suunnittelua ja elektronista sodankäyntiä ajatellen.

Eli projektisuunnitelman ensimmäinen tavoite on hylätty, toinen tavoite saavutettu ja yksi uusi tavoite lisätty. Kohdeorganisaatio on hyväksynyt uuden tavoiteasettelun.

Projektin nykytila ja saavutetut tulokset

Olemme kirjoittaneet MATLAB-koodit, jolla voimme laskea annetun viestiverkon viestin läpimenotodennäköisyydet. Täten olemme saavuttaneet projektisuunnitelmassa määritellyn toisen tavoitteen. Projektityösuunnitelman ensimmäistä tavoitetta, eli minimikatkosjoukkojen laskemista, emme toteuta, koska siirryimme projektissa minimikatkosjoukkojen tarkastelusta Monte Carlo -simulointiin.

Meillä on valmiina kaksi MATLAB-koodia, joista toinen laskee kahden radion välisen viestin läpimenotodennäköisyyden, kun kummallakin radiolla liitytään yhteen tai useampaan viestiverkon solmuun. Toinen työkalu laskee kaikkien viestiverkon solmuparien välisen toimintatodennäköisyyden. Syötteenä MATLAB-koodeihin annetaan viestiverkkojen solmujen koordinaatit, solmujen radioiden kantamat sekä solmujen toimintatodennäköisyydet. Koordinaattien ja radioiden kantamien perusteella määritellään vielä solmujen välisten linkkien toimintatodennäköisyydet. Tämän jälkeen viestiverkon eri solmujen väliset toimintatodennäköisyydet saadaan samplaamalla viestiverkkoa käyttäjän hyväksi katsoma määrä. Jokaisella simulointikierroksella arvotaan solmujen ja linkkien tila (toimii / ei toimi) perustuen niiden toimintatodennäköisyyksiin. Näin syntyneestä satunnaisesta viestiverkosta tarkastetaan kulkeeko viesti eri solmujen välillä. Kun simulointi on ajettu läpi, saadaan yhteyden toimintatodennäköisyys jakamalla onnistuneiden viestiyhteyksien määrä simulointimäärällä.

Testasimme työkalujemme toimintaa oikeaa tilannetta vastaavalla esimerkiviestiverkolla, jossa on yhteensä 22 solmua. Simuloimme viestiverkkoa normaalilla pöytäkoneella 10 000 kierroksella ja tällöin kaikkien yhteyksien todennäköisyyksien laskemiseen kului 15 sekuntia. Toteutimme simuloinnin useampaan kertaan ja totesimme toimintatodennäköisyyksien vaihtelun pysyvän n. kahden sadasan sisällä. Näin ollen simulointi ei näyttäisi vievän liikaa aikaa riittävän tarkkuuden saavuttamiseksi. Koska linkkien ja solmujen toimintatodennäköisyyksiä ei saada määriteltä tarkkaan, saaduissa tuloksissa säilyy aina tiettyä epävarmuutta, vaikka simulointikierroksia lisättäisiin kuinka.

Koodaamisen ohella olemme tehneet kirjallisuuskatsausta eri viestiverkkoihin, Monte Carlo-simulointiin ja tärkeysmittoihin. Tätä tulemme kuitenkin vielä jatkamaan tulevina viikkoina. Loppuraporttia emme ole vielä alkaneet kirjoittaa. Tässä mielessä olemme aikataulussa hieman jäljessä, mutta toisaalta olemme saaneet toteutettua MATLAB-työkalut etujassa.

Muut muutokset ja tarkennukset projektisuunnitelmaan

Uuden tavoiteasettelun lisäksi suuria muutoksia suhteessa projektisuunnitelmaan ei ole. Kuten todettua olemme jäljessä aikataulusta loppuraportin kirjoittamisen suhteen. Loppuraportin kirjoittaminen sekä laadittavien mallien että teoriaosuuksien suhteen aloitetaan ensi viikolla. Kirjallisuuskatsausta on tehty ja sen kirjoittaminen pyritään aloittamaan tällä viikolla.

Laadittuja malleja tulemme testaamaan simulaatioajoissa. Tämän lisäksi pyrimme laatimaan jonkinlaisen kohdeorganisaation kannalta kiinnostavan sovellusesimerkin työkalujen käytöstä loppuraporttiin. Mahdollinen sovellusesimerkki täytyy vielä määritellä tarkemmin kohdeorganisaation kanssa.

Resurssien jako pysyy samana sillä muutoksella, että päävastuu lisämallin (kriittisyysmitat) laatimisesta on Jaakolla, koska hän on parhaiten perehtynyt aiheeseen. Tähän mennessä kaikki ryhmän jäsenet ovat osallistuneet varsin tasaisesti kaikkiin projektin osa-alueisiin. Loppuraporttia laadittaessa itsenäisen työn määrä tulee kasvamaan.

Projektiin liittyvät riskit

Projektin päätavoite viestintäverkon toimintatodennäköisyyden laskeva ohjelma on toteutettu ja alustavat testitulokset näyttävät hyviltä. Mallia ei kuitenkaan ole vielä testattu tarpeeksi. Yksi riskitekijä onkin, että lupaavista tuloksista huolimatta malli osoittautuu ongelmaan sopimattomaksi tai mallissa ilmenee rakenteellisia virheitä. Mallin testausta tulee jatkaa, jotta mallin oikeellisuudesta voidaan täydellisesti varmistua ja mahdolliset virheet ehditään korjata.

Uudeksi tavoitteeksi on otettu keskeisten solmujen tunnistaminen betweenness-mitan avulla. Algoritmi on tarkoitus toteuttaa Monte Carlo -simulaatiolla. Riskinä on kuitenkin se, että betweenness-mitan laskeminen vie liikaa laskenta-aikaa ja näin ollen sen läpi laskeminen useita kertoja Monte Carlolla ei ole järkevää. Jos simulaatio näyttää vievän liian kauan aikaa, laskemme betweenness-mitan vain yhden kerran sellaiselle verkolle, josta poistetaan kaikki alle tietyn todennäköisyysrajan olevat yhteydet. Tällä menetelmällä ei saada yhtä hyviä betweenness-arvioita, mutta se antaa kuitenkin informaatiota siitä, mitkä ovat verkon tärkeimmät solmut.

Mallintamispuolella projektin aikataulussa on pysytty hyvin mukana, mutta loppuraportin kirjoittamisen osalta aikataulusta ollaan selkeästi jäljessä. Yksi suurimmista riskitekijöistä onkin loppuraportin laadinnan venyminen. Tämä riski pyritään välttämään siten, että kukin aloittaa oman vastuualueensa osalta loppuraportin kirjoittamisen viimeistään ensi viikolla.

Projektityösuunnitelmassa riskeiksi olivat tunnistettu myös laskentatehon riittämättömyys, ryhmädynamiikan toimimattomuus ja liian suuret suunnitelmat. Laskentateho osoittautui riittäväksi ja malli voidaan toteuttaa MATLAB:lla. Ryhmädynamiikka ja rooli- jaot ovat osoittautuneet toimiviksi. Tosin aikataulun noudattamisessa on parantamisen varaa. Aluksi riskinä oli, että lähdemme toteuttamaan liian monimutkaista mallia, emmekä saa lopulta mitään aikaiseksi. Betweenness-mittojen toteuttaminen saattaa edelleen osoittautua oletettua hankalammaksi, ja voi olla, että

emme kykene kyseistä algoritmia toteuttamaan. Olemme kuitenkin jo saaneet päätavoittemme toteutettua, joten projektin laajamittainen epäonnistuminen vaikuttaa hyvin epätodennäköiseltä.