

Mat-2.177 Operaatiotutkimuksen projektiseminaari

IR-sensorin ja sensoriverkon mallintaminen

Projektisuunnitelma

27.2.2007

Asiakas:

Puolustusvoimien teknillinen tutkimuslaitos

Projektiryhmä:

Juho Simpura (projektipäällikkö)

Antti Toppila

Jussi Kangaspunta

Tapio Heimo

Tuomas Koskela

Alustus

Taustaa

Modernissa sodankäynnissä informaatio ja sen kulku on ratkaiseva tekijä. Ilman tietoa vihollisjoukoista ovat useat pitkänmatkan aseet hyödyttömiä ja omat joukot ovat alttiita yllätyshyökkäyksille. Perinteisesti on tieto vihollisjoukoista saatu näköhavainnoin. Teknisin apuvälinein voidaan havainnointikynnystä sekä tiedon liikkuvuutta parantaa, jolloin joukkojen komentajat voivat reagoida ajantasaisen ja luotettavan tiedon perusteella.

Havainnointijärjestelmät voivat olla aktiivisia tai passiivisia. Aktiiviset järjestelmät, kuten tutkat, lähettävät signaalin, joka vuorovaikuttaa havaittavan kohteen kanssa. Pääsääntöisesti aktiiviset järjestelmät ovat luotettavia ja niillä on suuri erottelukyky, mutta ne voidaan havaita ja paikallistaa lähettämänsä signaalin perusteella.

Passiiviset järjestelmät havainnoivat kohteesta lähtevää signaalia, joka voi olla taustasäteilyn suhteen hyvinkin heikko, jolloin havainnointikynnys voi olla suuri. Etuna kuitenkin on, että passiivista järjestelmää ei voi paikantaa.

Todellisuudessa aktiivisia ja passiivisia järjestelmiä käytetään rinnakkain: passiivisia niin kauan kuin joukkoja ei ole havaittu ja aktiivisia, kun taistelu on käynnissä ja joukot ovat havaittu. Passiivisten järjestelmien parantuessa onkin siirrytty yhä enemmän niiden käyttöön aktiivisten järjestelmien kustannuksella. Passiiviset järjestelmät ovat usein lisäksi huomattavasti halvempia kuin aktiiviset järjestelmät, jolloin niitä voidaan jakaa miehistölle taistelun tueksi.

Modernit aseet, kuten lentokoneet liikkuvat nopeasti taistelukentälle ja voivat aiheuttaa suurta tuhoa omille joukoille. Lentokoneiden uhka vaatii todella nopeata reagointia, joten on luonnollista, että erityisesti niitä vastaan on kehitetty havaintojärjestelmiä ilmavaaran havaitsemiseksi sekä torjumiseksi. Lentokoneiden havaitsemiseen voidaan käyttää mm. infrapunasensoreita. Passiivisena havainnointijärjestelmänä infrapunasensorin käyttäjä ei altistu lentokoneen hyökkäyksille.

Lähtökohdat ja tavoitteet

Tämän työn lähtökohtana on tutkia yleistä infrapunatekniikkaan perustuvaa ilmavalvontaa tai muuta sensoria vaihtelevissa olosuhteissa. Yleistäminen viedään tasolle, jolla havainnointijärjestelmää kuvataan detektorilla ja siihen liittyvällä optiikalla. Lisäksi tarkoituksena on yksinkertaistaa kohteen lähettämä heräte sopivan yksinkertaiseen muotoon. Työn tuloksia voitaneen käyttää soveltuvin osin myös muiden, kuin lentokoneiden havainnointiin, mutta yksinkertaisuuden vuoksi rajaudutaan ilmavalvonnan viitekehykseen.

Tavoitteena on luoda infrapunasensorin malli, joka on tarpeeksi yleinen kattamaan tavanomaiset infrapunasensorit. Mallilla on tarkoitus voida tutkia erilaisten ilma-alusten havaittavuutta vaihtelevissa maasto- ja sääolosuhteissa. Lisäksi on mallin tarkoitus antaa tukea myös erilaisille signaalinkäsittelytekniikoille, joilla voidaan huomattavasti parantaa signaalin laatua. Pyritään myös mahdollistamaan kohteen herätteen monimutkainenkin mallinnus. Malli implementoidaan Matlab-ohjelmistolla ja siihen liitetään tarpeellinen dokumentointi. Mahdollisesti ajan riittäessä tarkastellaan myös sensoriverkkoja sekä sensorien optimaalisia sijoittelustrategioita.

Lähestymistapa

Projektia aletaan tekemään ryhmässä keskustelemalla aluksi siitä, miten infrapunasensori ylipäättään toimii ja erityisesti optiikan suhteen tulee olla tarkka. Itse mallia lähdetään rakentamaan tutkimalla ensin aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, jota olemme saaneet PvTT:lta. Asiat oletetaan varsin yksinkertaisiksi ja laaditaan ensin robusti malli yhden infrapunasensorin toiminnasta. Tämän jälkeen pyritään yleistämään tilannetta siten, että tarkastellaan useampia sensoreita yhdessä. Myös maastoesteet ja ilmasto-olosuhteet pidetään alussa yksinkertaisina, mutta malli pyritään rakentamaan mahdollisimman joustavaksi, jotta siihen voi myöhemmin lisätä eri parametreja. Lähtöparametreista tiedustellaan PvTT:lta tai haemme arvioita internetistä, jotta mallin toiminnallisuutta voitaisiin kokeilla.

Projektin toteutus

Yleiskuva

Tähän mennessä projekti on ollut muotoutumisvaiheessa. Olemme syventyneet PvTT:n antamaan materiaaliin, käyneet lähtökeskusteluja sekä PvTT:n, prof. Salon ja ryhmän kesken ja onnistuneet alkuvaikeuksien jälkeen täsmentämään projektin tavoitteet joukoksi vaiheittain eteneviä osatehtäviä.

Projektisuunnitelman nyt hahmotuttua on tarkoitus ensimmäisenä lähteä toteuttamaan sensorin ja ympäristön perusmalleja, joitten toteuduttua jatketaan sensoreitten yhteistoiminnan mallintamisella. Näin ollen tehtävät jakaantuvat luontevasti kolmeen toisiaan seuraavaan vaiheeseen:

1. Perusmallin luonti
2. Sensoriverkon mallin luominen
3. Optimaalisten sensorikonfiguraatioiden löytäminen

Koska PvTT:n kannalta keskeisimpänä tavoitteena on saada helposti käytettävä ja luotettava malli yksittäiselle sensorille, on ajankäyttö näiden kolmen vaiheen välillä ehdollistettu ensimmäisen vaiheen toteutumiselle.

Toimenpiteet

Ensimmäisessä vaiheessa tehtävä jakautuu luontevasti osiin ongelman eri komponenttien välillä. Osamallit suhteellisine työmäärineen ovat:

Ympäristön malli (40% työstä)

Tässä mallinetaan laatikko, jossa sensori(t) toimivat ja siellä mahdollisesti olevat pilvet. Tämän yhteydessä täytyy kehittää myös keskeine rajapinta optiikan ja kohteen välille sekä koordinaatti- ja aikajärjestelmä. Ympäristön malli on luultavasti myös riskialttein mallin tehokkuuden kannalta

Kohteen malli (15%)

Kohteesta mallinetaan sen koko, paikka, liiketila ja lämpötila. Alustavasti tämä on tarkoitus pitää varsin yksinkertaisena, ja tämä jääneekin yksinkertaisimmaksi osaksi kokonaisuudesta.

Optiikan malli (25%)

Optiikan malli simuloi sensorin näkökenttää ja datankeruuta. Sen tavoitteena on laskea detektorille saapuvan lämpöenergian määrä sijaintinsa ja suuntimansa perusteella.

Detektorin malli (20%)

Detektorissa on kaksi osaa, eli lämpösäteilyn muuntaminen signaaliksi ja signaalin tulkinta. Nämä toteutetaan loogisesti erillisinä kokonaisuuksina, jotta raakasignaaleita voitaisiin jatkossa verkkoa mallinettaessa yhdistellä. Malli tulee olemaan lähtökohtaisesti varsin yksinkertainen.

Nämä ensimmäisen vaiheen osatehtävät jaetaan alustavasti ryhmän kesken seuraavalla tavalla:

Ympäristö: Antti + Juho

Kohde: Jussi

Optiikka: Tuomas

Detektori: Tapio

Taustoitus ja materiaalit: Juho + Jussi

Tässä jaossa on huomioitu eri osatehtävien erilaiset vaatavuudet, minkä vuoksi taustoitaminen on jaettu muuten vähemmälle työlle jäävien ryhmän jäsenten kesken. Samoin on pyritty huomioimaan se, että ympäristön ja rajapintojen mallintaminen on kiireellisempää kuin muiden komponenttien. Siihen voidaan kohdistaa alussa kahden hengen työpanos. Ensimmäisen vaiheen kokonaistyömääräksi on arvioitu n. 250h.

Toisen ja kolmannen vaiheen hahmotus on toistaiseksi löyhempi. Siinä kuitenkin ongelmana on toisaalta sensoriverkon mallintaminen ja toisaalta sen optimoiminen. Näiltä osin ryhmämme jakautuu kahtia erityisosaamisen perusteella:

Verkon mallinnus: Juho, Tapio, Tuomas
Optimointi: Antti, Jussi
Taustoitus: Juho

Koska ryhmän tehtävänä on mallin luominen, ei sen validointi, hoidetaan mallin toiminnan osoittaminen yksinkertaisilla proof-of-concept –kokeilla, jotka tehdään yhdessä osien integroinnin aikana. Väliraportointi ja yhteydenpito PvTT:hen ovat Juhon vastuulla.

Loppuportointi perustuu itse koodin osalta kunkin omasta vastuualueestaan kirjoittamaan tekstiin. Taustoituksesta huolehtii Juho. Testauksen raportoinnista sovitaan erikseen myöhemmin. Lisäksi työn valmistuttua valitaan 1-2 ryhmän jäsenistä esittelemään työtä PvTT:n tutkimusseminaariin toukokuussa.

Resurssit

Kirjallisen materiaalin osalta työssä tukeudutaan pitkälti koulun sähköisiin kokoelmiin, kirjastoon ja internetiin. Lisäksi hankitaan kirjallisuutta PvTT:n kirjaston kautta tarpeen ja mahdollisuuksien mukaan. Perustiedot, joilla mallin rakentaminen saadaan alkuun, ovat PvTT:lät saaduissa materiaaleissa. Näin ollen materiaalien hankinta ei viivästytä projektin aloitusta

Projektiryhmän sisältä ei löydy juuri detektoreihin liittyvää erikoisosaamista, mutta kaikilta löytyy kokemusta matlab-ohjelmoinnista. Ryhmämme koostuu kahdesta fyysikosta (Juho ja Tuomas), matemaatikosta (Tapio) ja kahdesta systeemanalyttikosta (Antti ja Jussi). Näin ollen projektitehtävissä pyritään antamaan systeemanalyysiosuus erikoismiesten tehtäväksi, jolloin laitteiston toiminnan selvittäminen ja suurempi osa mallinnoksesta jää muille.

Aikataulu ja koordinaatio

Karkea suunnitelma yleisaikataulusta käy ilmi oheisesta kaaviosta:

Viikko	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Esisuunnittelu	■	■	■	■									
Suunnittelu				■	■								
1. Vaihe						■	■	■	■				
Väliraportin laatiminen								■	■				
2. Vaihe								■	■	■	■	■	
3. Vaihe										■	■	■	■
Loppuraportin laatiminen											■	■	■

Tämän lisäksi 21.5. esitellään ryhmän tulokset PvTT:lle. Mikäli tarvetta on, järjestetään PvTT:n kanssa myös muita tapaamisia. Projektin etapit ovat:

Projektisuunnitelma valmiina 28.2.2007
Väliraportti valmiina 27.3.2007
Työ ja loppuraportti valmiina 25.4.2007

Työn koordinoimiseksi ryhmä kokoontuu viikottain käymään läpi välituloksia ja koordinoimaan työtä. Muu viestintä hoidetaan tarpeen mukaan sähköpostilla ja puhelimitse. Työssä syntyviä dokumentteja varten perustetaan verkkosivu.

Riskit ja niiden hallinta

Projektin tavoitteiden joustavuudesta johtuen, projektin totaalinen epäonnistuminen on hyvin epätodennäköistä. Aikataulun venyminen ja siitä seuraava tavoitteiden karsiminen on kuitenkin huomattava riskitekijä. Tähän varaudutaan asettamalla välitavoitteita ja sopimalla aikataulusta etukäteen.

Toinen merkittävä riskitekijä on tavoitteiden epärealistisuus ja niiden toteuttamiseen tarvittavan ajan arvioiminen väärin. Tässä projektissa tämä tarkoittaa lähinnä mallinnoksen teknisiä ongelmia joko ratkaistavuuden ja/tai tehokkuuden kannalta. Tämä voi aiheuttaa pahimmillaan sen, ettei loppuprojektin kannalta olennaista välitavoitetta saavuteta ajoissa ja koko projekti viivästyy tai olennainen osa siitä jää tekemättä. Tämä riski otetaan suunnitteluvaiheessa huomioon siten, että kirjallisten raporttien palautusajankohtien eteen jätetään hieman ylimääräistä aikaa.

Projektin lopullisen onnistumisen kannalta on erittäin oleellista, että ryhmädynamiikka toimii hyvin. Kaikki ryhmän jäsenet eivät tunteneet toisiaan projektin alkaessa, joten tähänkin liittyy riski, jota ei voida jättää huomioimatta. Projektin luonne vaatii kultakin ryhmän jäseneltä itsenäistä työskentelyä, joten yhdenkin jäsenen lipsuminen saattaa vaikuttaa merkittävästi koko projektin onnistumiseen. Ryhmän työskentely on kuitenkin lähtenyt hyvin käyntiin, joten ryhmädynamiikan romahtaminen vaikuttaa epätodennäköiseltä.

Sen sijaan yhteydenpidossa Puolustusvoimien Teknillisen Tutkimuslaitoksen kanssa on ollut hieman ongelmia ja projektin tehtävänasettelu ja selkiäminen projektiryhmälle pitkittyi tämän takia hieman. Tämä voi muodostua vakavaksi uhaksi, ellei siihen puututa ajoissa. Ongelma on kuitenkin tiedossa ja edistystä on jo tapahtunut.