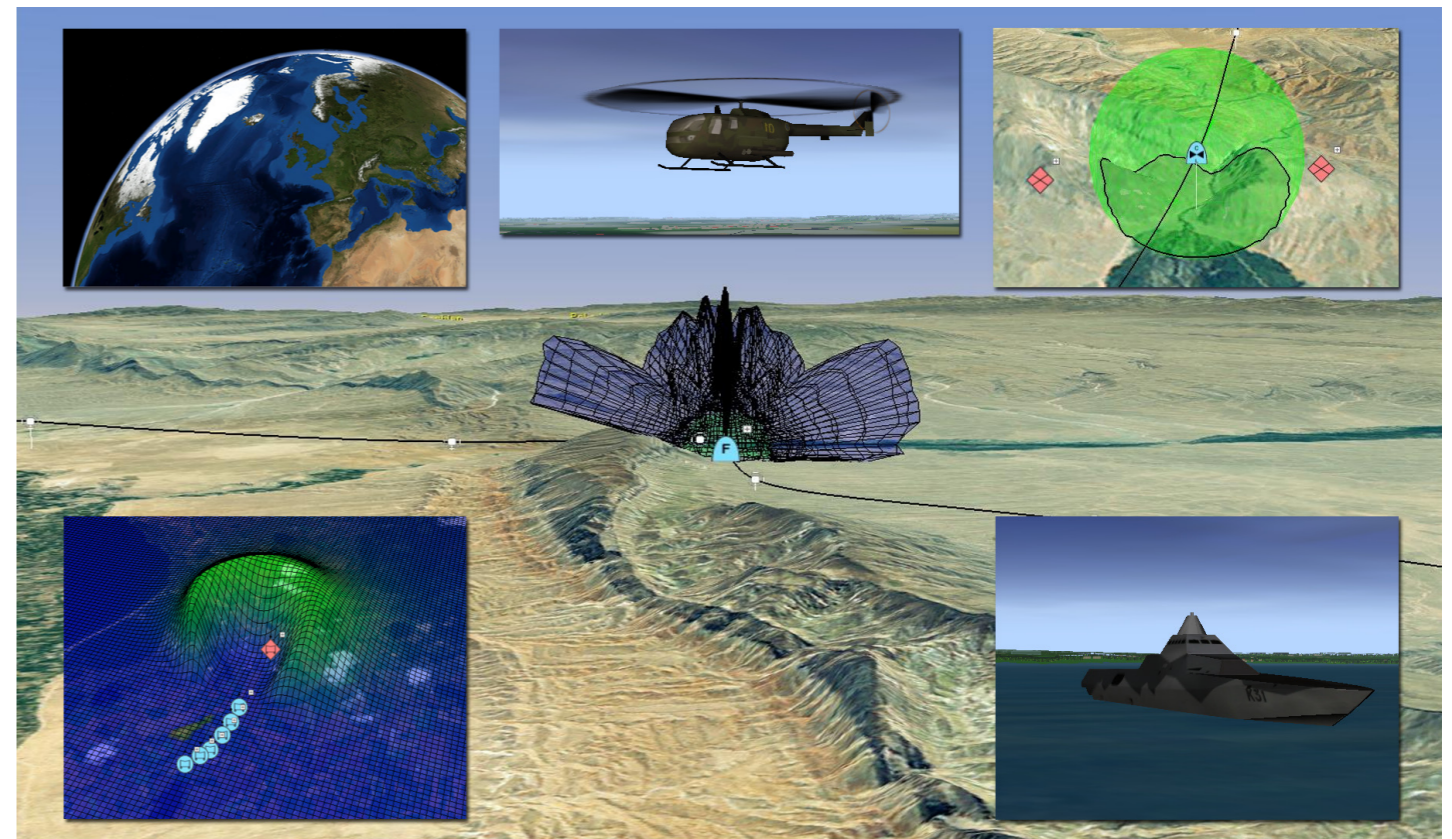


LARS TYDÉN, PER BRÄNNSTRÖM, HANNA ANDERSSON, PETER KLUM, TORBJÖRN HÄRJE,
RAGNAR HAMMARQVIST, LINUS HILDING, MATTIAS VERONA, LEIF FESTIN, CALLE ROSENQUIST



FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Forsvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1000 anställda varav ungefär 800 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömning av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot och hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.

Lars Tydén, Per Brännström, Hanna Andersson,
Peter Klum, Torbjörn Härje, Ragnar Hammarqvist,
Linus Hilding, Mattias Verona, Leif Festin, Calle
Rosenquist

Projektlägesrapport 2010

Dynamisk duellsimulering telekrig

Titel	Projektlägesrapport 2010
Title	Dynamisk duellsimulering telekrig. Status report 2010 for the project Dynamic Electronic Warfare Duel Simulation
Rapportnr/Report no	FOI-R--3068--SE
Rapporttyp Report Type	Metodrapport
Sidor/Pages	37 p
Månad/Month	November/November
Utgivningsår/Year	2010
ISSN	ISSN 1650-1942
Kund/Customer	FM
Kompetenskloss	23 Telekrigsvärdering

Extra kompetenskloss

Projektnr/Project no	E7015
Godkänd av/Approved by	Mikael Sjöman

FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut	FOI, Swedish Defence Research Agency
Avdelningen för Informationssystem	Information Systems
Box 1165	Box 1165
581 11 Linköping	SE-581 11 Linköping

Sammanfattning

Rapporten beskriver verksamhet som genomförts inom projektet Dynamisk duellsimulering telekrig under 2010. Projektet är treårigt och bedrivs inom forsknings och teknikutvecklingsområde Telekrig från 2009 till och med 2011. Projektet använder och vidareutvecklar ramverket EWSim (Electronic Warfare Simulation interface model) för distribuerade telekrigssimuleringar till vilket modeller integrerats och nyutvecklats. Ramverket består av tre delar:

- *Scenarioplanering och konfiguration (NetScene)* där olika plattformar (t.ex. stridsvagnar och helikoptrar) konfigureras med olika komponenter (t.ex. sensorer och vapen). Dessutom kan räckviddsberäkningar utföras.
- *Dynamisk duell*, där i ett scenario ingående delar interagerar i en simulerad miljö. Den simulerade tiden kan gå i realtid, snabbare än realtid eller långsammare än realtid.
- *Utvärdering*, där dueller kan återuppspelas och loggade data analyseras.

Ramverket möjliggör att komplexa scenarier kan utvärderas i dueller där radar optronik och kommunikation ingår samtidigt och då speciellt med bäring på telekrig.

En helt ny kartmodul har skapats som vi valt att kalla Map3D. Det nya kartmodulen skiljer sig från det gamla genom att tillåta enklare koppling till externa motorer och 3D täckningsdiagram samt spår i 3D kan nu visas och editeras. Det internationella samverkansprojektet EW COMARMS, som projektet drivit i syfte att se om det är möjligt att definiera en modulär hård- och mjukvaruarkitektur för telekrigssimulering har avslutats under året. Det som talar mycket emot en fortsättning i European Defence Agency -region är den mycket tröga processen med budget och bemanning som gör det svårt att få till ett projekt under dessa former vilket alla tycks vara överens om. Vi har under året lagt till funktionalitet så att man direkt från en Global Positioning System (GPS) kan se sin position i kartan och dessutom skapa ett målspar detta kan även göras för data som erhålls från Automatic Identification System (AIS). Radarmåls signaluren och IR-målssignaturen har förbättrats och kan nu definieras via tabellslagning i en signaturtabell och har bland annat använts under den årligen återkommande övning som luftvärnet och flyget genomför kallad FOCUS. Algoritmer och metodik för att med signalstyrkemätande mottagare beräkna en position för en sändare med okänd uteffekt har utvecklats. Den algoritm som valts för att hitta maximum i den kombinerade sannolikhetsfördelningen är ett s.k. partikelfilter. I samverkan med projektet framtida behov inom VMS har ett arbete påbörjats där EWSim används för modellering av ett generisk VMS. Även radar-signalspaninssystem skall kunna vara en del i det generiska VMS, med samverkande sensorer. Under året en metodik för att använda bildbehandling med hög dynamik upplösning i (Hardware In The Loop) HWIL-simuleringar utvecklats. Tillämpningsområdet som undersökts har varit HWIL-simuleringar med en mjukvarumodell för simulering av en IR-målsökarens elektrooptiska delar som retikel optik och sensor med en högupplöst HDR-2D bild av scenen som indata.

De verktyg som utvecklas i projektet är baserade på egen kod samt öppen källkod (t.ex. programvara utgiven under LGPL licens) vilket innebär att det inte finns några licenskostnader för att distribuera programvarorna inom FM. Därmed kan distribution av programmen ske betydligt enklare än om de vore licensberoende. Dessutom ger det frihet att laborera och kontrollera hela systemet vilket är mycket bra att kunna göra i denna typ av projekt.

Nyckelord: Simulering, telekrig, elektrooptik (EO), radar, kommunikation, HLA, federation, EWSim, EWPlan, IR, HDR .

Summary

This document describes the work in the project Dynamic Electronic Warfare Duel Simulation during 2010. The project uses and improves the multispectral framework EWSim (Electronic Warfare Simulation interface model) for distributed electronic warfare simulations. The framework consists of three parts, one for scenario planning and configuration, where models are configured and where some range calculations can be made, one for dynamic duels, and finally one assessment module where the duels can be replayed and logged data can be analyzed. EWSim contains models of platforms, countermeasures, warners, sensors and missiles with target trackers and motion models.

An entirely new map module has been created which we call Map3D. The new module is distinguished from the old by allowing easier access to external software products. Sensor coverage charts affected by electronic warfare and tracks can now be visualized and edited in 3D.

In the international collaboration project EW COMARMS a feasibility study was completed this year in which the possibility to define a modular hardware and software architecture for electronic warfare simulation was evaluated. The study concluded that a project continuation under the European Defence Agency umbrella is a very slow process to start up, since all countries can't agree on budget and staff. This makes it difficult to start a project.

This year we have added the functionality to read position data from a Global Positioning System (GPS) and create target tracks. Tracks can also be created from data obtained from the Automatic Identification System (AIS). Radar and IR target signature has been improved and can now be defined with lookup tables. This has been used during the annual FOCUS exercise in which the air defence and the air force take part.

Algorithms and methodology for signal strength measuring receivers to calculate the position from a transmitter with unknown output has been developed. The algorithm chosen to find the maximum of the combined probability distribution is a so-called particle filter. In collaboration with the project Future needs of DAS, work has begun in which EWSim is used for modelling a generic Defensive Aid System (DAS). Also radar Electronic Support Measures (ESM) is designed to be a part of the generic DAS with sensors in collaboration.

During the year, a methodology for using computer generated images with high dynamic range in Hardware In the Loop (HWIL) simulations has been developed. The scope has been to apply software models of a missile's electro-optical components: reticle, optics and sensor, with a high resolution HDR 2D-image of the scene as input in HWIL simulations.

The tools developed in the project are based on proprietary code and open source software (eg software released under LGPL license) which means that there are no licensing fees for distributing the software within the Swedish Defense organization. Thus, the distribution of the programs would be far easier than if it were licens fees. In addition, the freedom to experiment and check the entire system is very useful to be able to do in this type of research project.

Keywords: Simulation, Electronic Warfare (EW), Electro-Optical (EO), IR, HDR, HLA, Federation, Radar, Communication, EWSim, EWPlan.

Innehållsförteckning

1	Inledning	7
1.1	Projektbeskrivning.....	7
1.2	Bakgrund.....	7
1.3	Metod.....	8
2	Scenarioverktyg	9
2.1	Datainhämtning.....	9
2.2	Kartformat.....	11
2.3	Terrängval för scenario.....	11
2.4	Planeringsverktyg.....	12
2.4.1	Vidareutveckling av radarsignaturmodeller.....	12
2.4.2	Täckningsdiagram i 3D.....	13
2.4.3	Synlighet utmed brytpunktsbanor.....	14
3	Duellverktyg	16
3.1	Positionering genom signalstyrkemätningar.....	16
3.2	Generiskt VMS.....	18
3.2.1	Signalspaningsutrustning radar.....	19
3.2.2	Grafisk vägledning för operatörer av VMS-utrustade plattformar.....	21
3.3	Fortsatt metodikarbete för att använda HDR i HWIL-simuleringar.....	22
3.4	Ledningsstöd för den dynamiska duellsimuleringen.....	23
3.5	Kart och terrängdata.....	24
3.6	Plattformsintern kommunikation.....	24
4	Geografisk dataförsörjning	26
5	Analysverktyg	27
6	Övriga aktiviteter	28
6.1	FOCUS övning.....	28
6.2	Samarbete med SAAB Aerospace.....	29
6.3	LKS planeringsverktyg.....	30
6.4	EW COMARMS.....	30
6.5	Simulering av enkla beteendemodeller.....	31
7	Diskussion	33
8	Fortsatt arbete	35

1 Inledning

Rapporten beskriver verksamhet som genomförts inom projektet Dynamisk duellsimulering telekrig under 2010. Projektet är treårigt och bedrivs inom Forskning och teknikutveckling (FoT) Telekrig från 2009 till och med 2011.

1.1 Projektbeskrivning

Dagens försvar har begränsade resurser att utbilda förband i telekrigföring. Det är också svårt att vidareutveckla teknik och taktik eftersom antalet tillfällen för övningar och praktiska prov är begränsade. Med simuleringsverktyg kan bilden radikalt förändras. Verksamheten ämnar komma Försvarmakten (FM) till nytta genom att:

- Stödja utveckling och kravsättning på samverkande telekrigssystem.
- Öka förståelsen för nyttan av samverkande system.
- Använda modeller som planeringsverktyg inför fältprov, övningar och vid internationella insatser.
- Utbilda i telekrigföring på olika plan för framtida beredskap i konfliktsituationer.
- Utveckla modeller som ger tillfälle att öva och utveckla telekrigsförmåga där det annars inte är möjligt på grund av tid, sekretess eller personsäkerhet.

Slutmålet för projektet är att demonstrera exempel på duellsimuleringsverktyg som kan användas som hjälpmedel för utveckling av stridsteknik och taktik vid framtida telekriginsatser.

Delmål:

- Utveckla metodik och modeller i kundnära samverkan för värdering av tekniska telekrigdueller inom kommunikation, radar, och optronik.
- Ta fram metodik för värdering av telekrig i scenarier med olika militära enheter och multispektralt samverkande system.
- Stödja FM i frågor avseende värdering av telekrigssystem samt system under inverkan av telekrig.

1.2 Bakgrund

I många militära operationer är kombinationer av radar- (RR) och elektrooptiska (EO) system som samverkar med hjälp av radiokommunikation en realitet. Med telekrig finns möjligheten att skaffa information om motståndarens medel och förmåga till Elektronisk Stödverksamhet (ES), skydda sig mot motståndarens vapen Elektronisk Protektion (EP) samt ha verkan Elektronisk Attack (EA). Det är viktigt att ha kännedom om hur dessa förmågor kan utnyttjas både enskilt och tillsammans för att uppnå de för en operation avsedda effekterna.

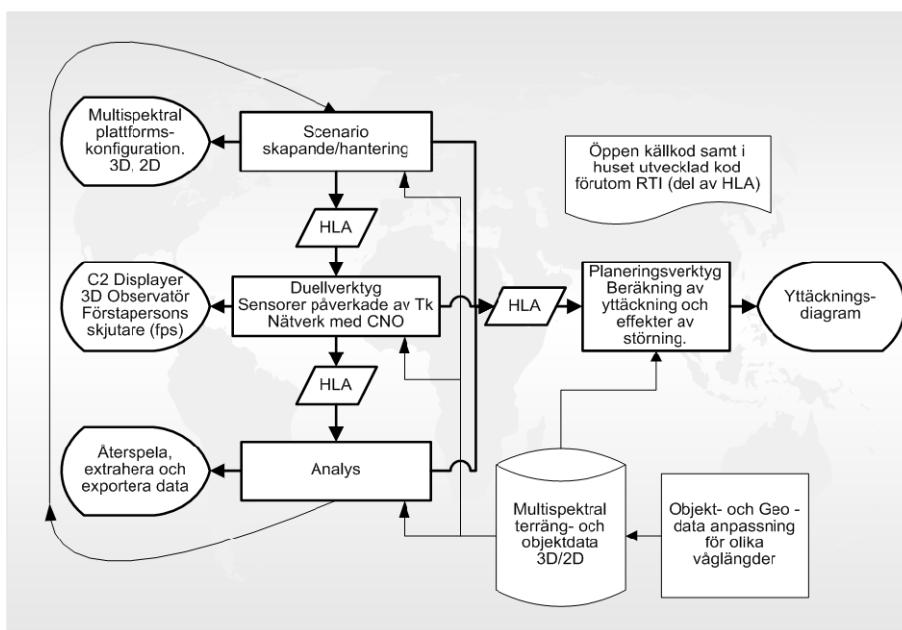
En metod som ofta utnyttjas för att utvärdera hur telekrig och dess användning kan påverka i ett scenario med typiska situationer är simuleringar.

1.3 Metod

Projektet använder och vidareutvecklar ramverket Electronic Warfare Simulation interface model (EWSim) för distribuerade telekrigssimuleringar till vilket modeller integrerats och nyutvecklats. Ramverket består av tre delar, se Figur 1:

- *Scenarioplanering och konfiguration (NetScene)*, där olika plattformar (t.ex. stridsvagnar och helikoptrar) konfigureras med olika komponenter (t.ex. sensorer och vapen). Dessutom kan räckviddsberäkningar utföras.
- *Dynamisk duell*, som är ett scenario där ingående delar interagerar i en simulerad miljö. Den simulerade tiden kan gå i realtid, snabbare än realtid eller långsammare än realtid.
- *Utvärdering*, där dueller kan återuppspelas och loggade data analyseras.

Ramverket möjliggör att komplexa scenarier kan utvärderas i dueller där radar, optronik och kommunikation ingår samtidigt och då speciellt med bäring på telekrig. Data distribueras mellan modellerna med hjälp av "High level architecture" (HLA) enligt standarden IEEE 1516-2000[1].



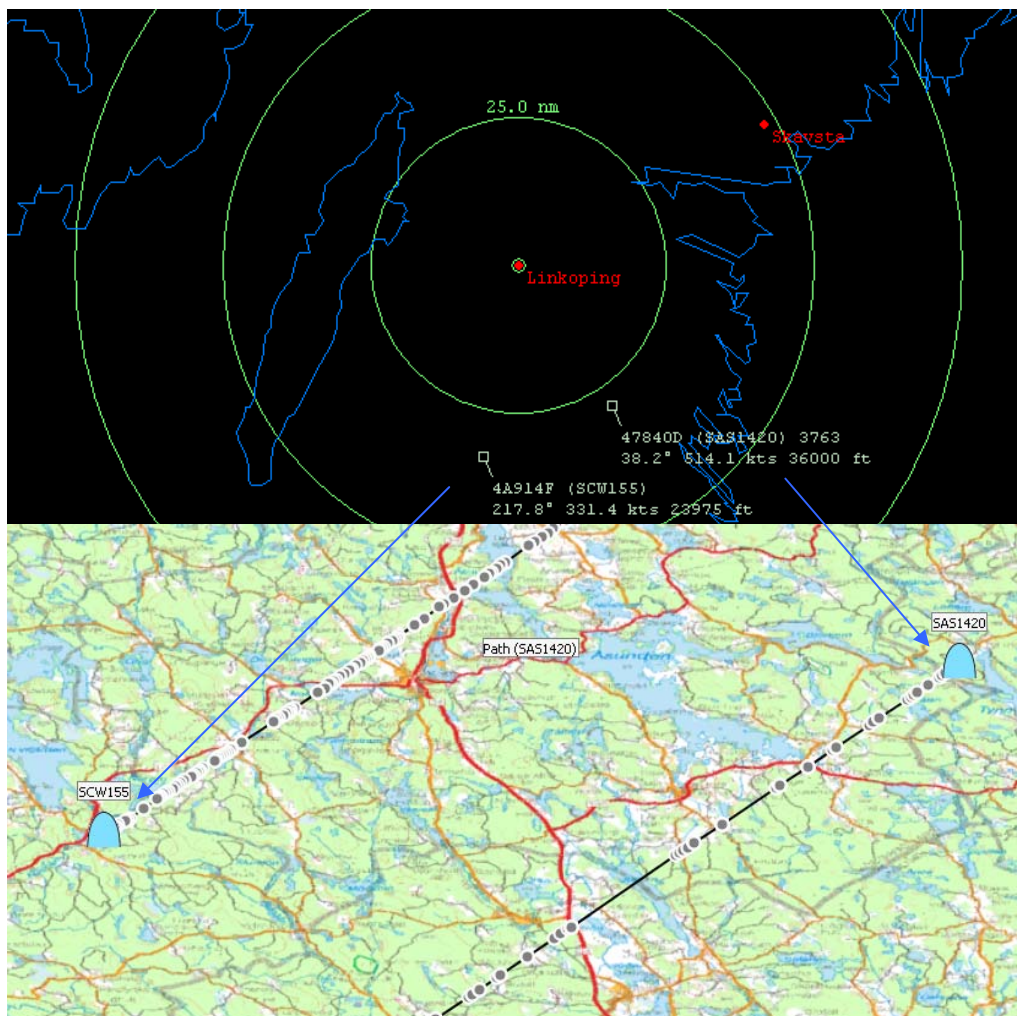
Figur 1. Ramverket och dess ingående delar.

2 Scenarioverktyg

Scenarioverktyget NetScene används för att konfigurera scenarier bestående av plattformar med olika utrustning utplacerade på en karta samt för att planera deras position, förflyttningar och uppträdande. NetScene kan användas fristående för planering och uppspelning av scenarier eller i en federation tillsammans med andra applikationer till vilka ett scenario kan distribueras vid start av en simulering. Under året har NetScenes metoder för användande av utländska kartdataformat och hantering av terräng förbättrats och en modul för datainhämtning från externa källor har lagts till. NetScenes planeringsdel, EWPlan, har vidareutvecklats vad gäller nya typer av täckningdiagram, förbättrad hantering av plattformssignaturer och nya typer av visualiseringar i tre dimensioner. Det utförda arbetet presenteras i det här kapitlet.

2.1 Datainhämtning

Det har lagts till en modul som kan inhämta data från Global Positioning System (GPS) och data via ett program som tar emot Automatic Identification System (AIS) data. Att hämta data från en GPS ger oss möjligheten att skicka med programmet på en laptop och en USB-ansluten GPS i t.ex. ett flygplan och då logga flygplanets rutt direkt till ett scenario. Det ger oss också möjlighet att i framtiden bygga ut med funktionalitet att läsa en vanlig GPS logg eftersom det följer samma standarder. Inläsning av AIS data ger oss möjlighet att hämta in flygtrafik i närområdet för att spela in verklighetstrogen flygtrafik och att spela in flygdata från experiment och övningar om deltagande flygplan och helikoptrar använder liknande AIS moduler. Överst i Figur 2 visas programmet BaseStation som tar emot AIS information via en SBS-1eR som är en radiomottagare för AIS data som sedan kan skickas vidare till NetScene där flygrutten kan loggas och användas till scenarion.



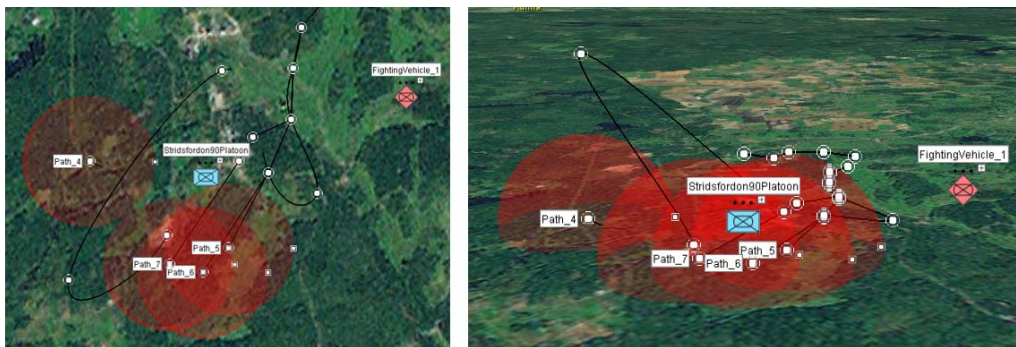
Figur 2 AIS data skickas från BaseStation programmet till NetScene där data kan sparas som rutter.

2.2 Kartformat

För att göra det enklare att lägga till funktionalitet för olika former av geografiska informationssystem (GIS) till NetScene från färdiga programvaror som t.ex. Worldwind, ArcGis och andra GIS motorer, har ett helt nytt kartsystem skapats som vi valt att kalla Map3D.

Det nya kartsystemet skiljer sig från det gamla genom att tillåta enklare koppling till externa motorer, eftersom det förutsätter väldigt lite om det underliggande ramverket. Map3D använder sig av proxy rendering som grund för att göra utritningar på underliggande kartdata, detta innebär att Map3D skapar data som sedan skickas till den underliggande motorn och där renderas. Varje ny insticksmotor behöver då bara implementera ett antal grundfunktioner som det överliggande ramverket kommer att använda sig av för att visa upp information i kartmotorn. Detta innebär att det blir enklare att lägga till nya GIS format.

De funktioner som nu stöds i Map3D är bland annat; möjligheten att skapa 3D täckningsdiagram, sätta ut vägar i 3D samt alla andra funktioner som följer av att man använder sig av en tredimensionell miljö. Funktion i tredimensionella miljöer kan till exempel vara förmågan att rotera föremål och kartdata i 3D se Figur 3.



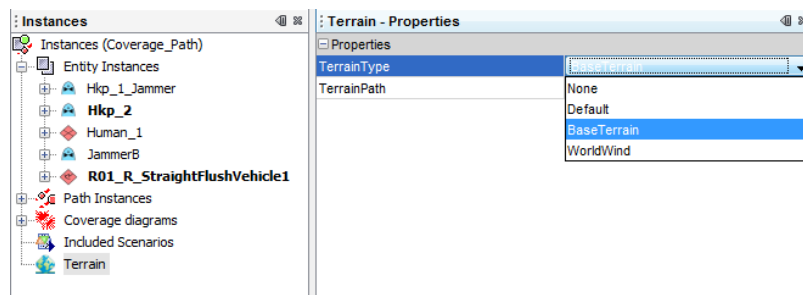
Figur 3 Samma scenario visat i två olika vyer, vänster sett ovanifrån, höger sett från sidan.

Eftersom de flesta GIS paket har grundläggande funktionalitet för karthantering så blir det enklare att koppla sig till nya datakällor. Dessa datakällor finns beskrivna i kapitel 4. Kartdata kan även skapas via egna kartbilder som sparas lokalt för användning i systemet.

Den insticksmotor som finns implementerad direkt med Netscene, baserar sig på WorldWind som är en opensource lösning från Nasa. WorldWind klarar att koppla sig mot externa datakällor via Web Map Service (WMS) tjänster och har redan från början ett stöd hos National Aeronautics and Space Agency (NASA) genom att dessa har ett antal uppsatta serverar med satellitbilder.

2.3 Terrängval för scenario

I takt med att möjligheterna att hämta kart- och terrängdata från olika källor ökar, har det vuxit fram ett behov av att kunna specificera vilken av tillgängliga terrängdatakällor som ska användas för ett scenario. Terrängdata används exempelvis för att kunna placera plattformar på marknivå under förflyttning och vid beräkningar som kräver höjddata. Som Figur 4 visar har det lagts till ett grafiskt gränssnitt för val av terrängtyp, och när ett scenario sparas, spara även dess valda terrängtyp.



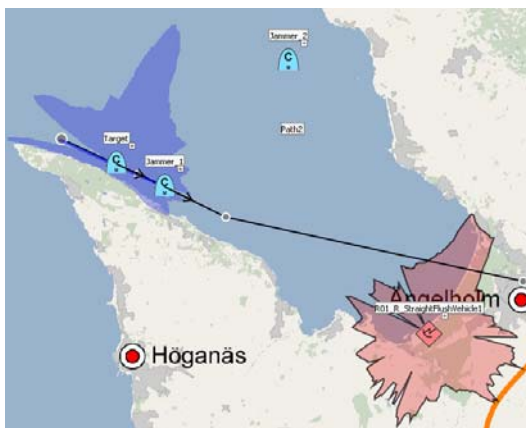
Figur 4 Val av terräng för ett scenario.

2.4 Planeringsverktyg

Planeringsverktyget är en modul/plugin till scenarioverktyget NetScene och innehåller modellerna för telekrig och visualiseringen i form av täckningsdiagram. En omskrivning av radar och optronik modellerna har gjorts vilket banat väg för kombinationer och enklare återanvändning av beräkningarna i olika visualiseringsformer. Optronik modellerna har också gjorts mer likt radarfallet genom att parametrarna sparas och sätts i ett EOSensor objekt i stället för i diagrammets parametrar vilket förbättrar användbarheten när flera diagram används i samma scenario. Radarsignaturer kan nu läsas in och användas i beräkningarna, se 2.4.1. I avsnitt 2.4.2 beskrivs visualisering i 3D och exempel på några nya diagramtyper för täckning av volymer. Som avslutning visas i avsnitt 2.4.3 den nya funktionaliteten att kunna visa synlighet utmed banor där de olika modellerna för radar och optronik återanvänds.

2.4.1 Vidareutveckling av radarsignaturmodeller

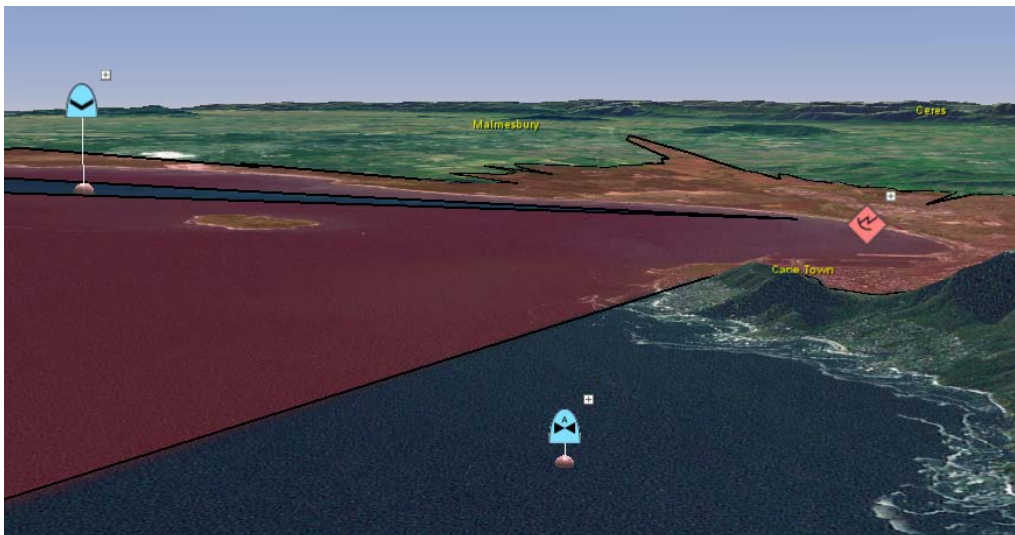
Täckningsdiagram för radartäckning har vidareutvecklats vad gäller radarmålsignaturer. Tidigare antogs ett mål ha en konstant målarea med valbart värde, men nu definieras målarean via tabellslagning i en signaturtabell som innehåller målarea beroende på vinkel mellan radar och mål, radarfrekvens och polarisation. Vilken signaturtabell som ska användas definieras utifrån målets plattformstyp, men alternativt finns även en parameter i täckningsdiagrammet där en användare kan skriva in sökvägen till valfri signaturfil eller, för bakåtkompatibilitets skull, ett konstant värde för målarean. Figur 5 visar radartäckningsdiagram som använder sig av vinkelberoende målsignatur och inverkan av störare. Den röda arean visar det område inom vilket en radar kan upptäcka målet och den blåa arean visar det område kring ett radarmål där en radar kan placeras för att upptäcka målet. En variant av verktyget med hemliga skarpa data för signaturer för några plattformar har utvecklats så att verktyget ska ge relevanta resultat för FM.



Figur 5 Yttäckningsdiagram för radartäckning med vinkelberoende målsignatur.

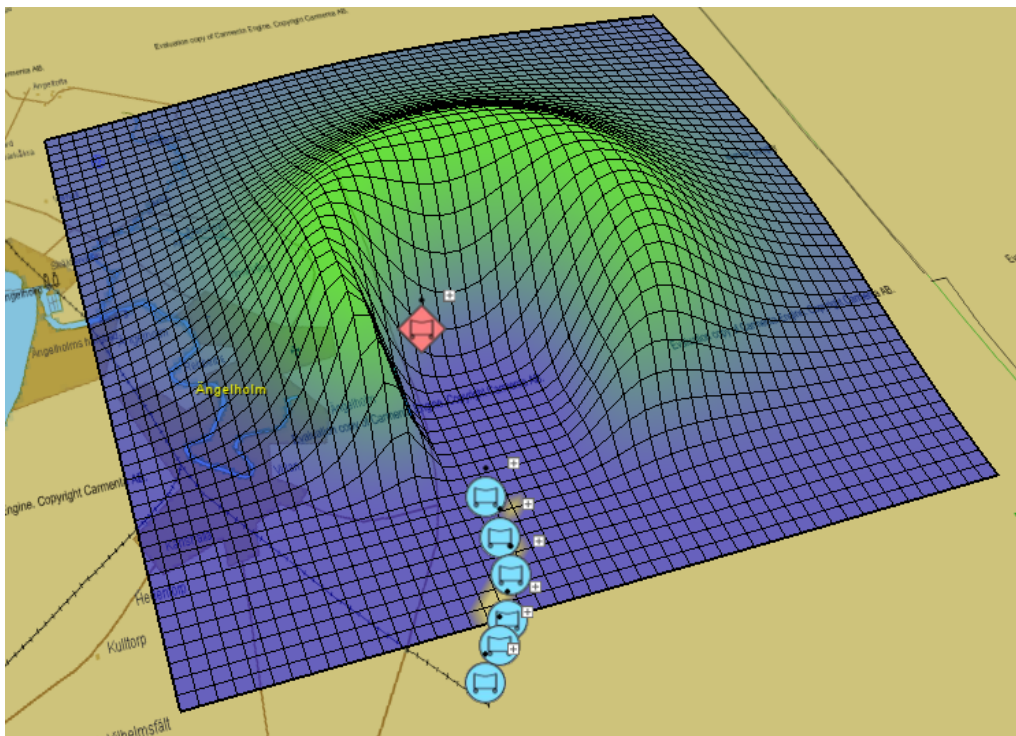
2.4.2 Täckningsdiagram i 3D

För att få bättre visualisering av yttäckningsdiagrammens utseende och störverkan på de olika modellerna kan alla täckningsdiagram visas i 3D. Figur 6 visar yttäckning för en radar placerad i närheten av Kapstaden visualiserat i 3D vyn.



Figur 6 Yttäckningsdiagram för en radar placerad i närheten av Kapstaden.

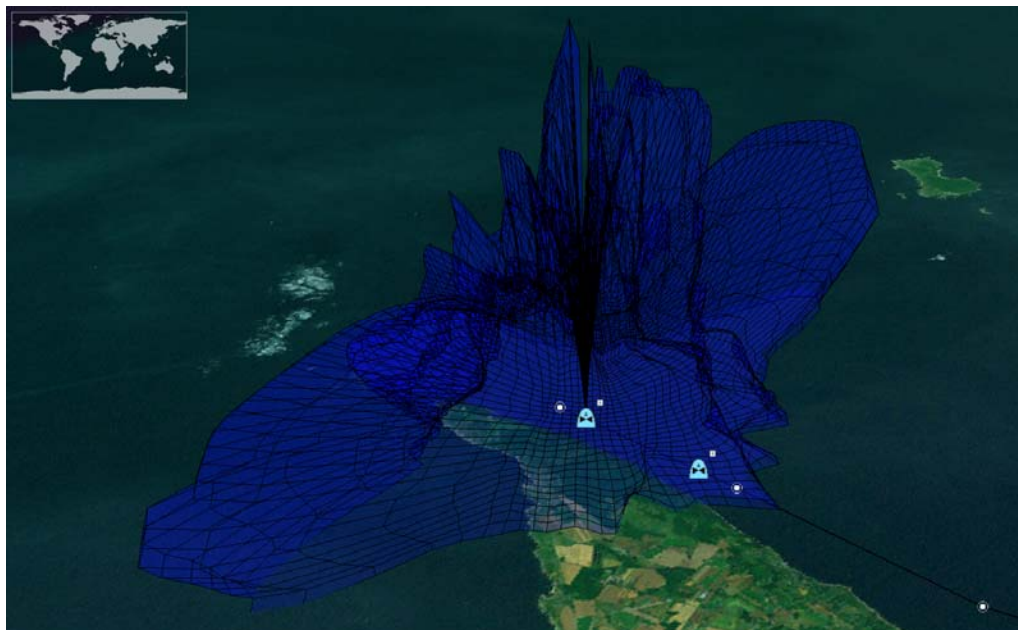
De rektangulära diagrammen visar ett värde mellan noll och ett i form av två olika färger. I 3D tolkas detta värde också om till en höjd vilket gör det lättare att se vilka värden färgerna representerar. Figur 7 visar sannolikheten för sändarens position baserat på signalstyrkemätningar, se avsnitt 3.1. Jämfört med Figur 12 är det lättare att se vad som betyder 50% sannolikhet i 3D vyn.



Figur 7 Sannolikhetsfördelning för en sändares position med signalstyrkepejl, jfr Figur 12.

I 3D vyn kan också en helt tredimensionell version av några av de traditionella täckningsdiagrammen visas. Dessa diagram återanvänder alla modeller från dess

motsvarade 2D versioner vilket betyder att t.ex. RR-signaturmodellen fungerar även här, se Figur 8. Liknande 3D diagram kan visas för våra täckningsdiagram inom EO; laser, optikspanare, laservarnare och pålåsning för infrarött (IR) hot, se [2]. Dessa nya 3D täckningsdiagram utnyttjar flera processorer för beräkningar om datorn har det.

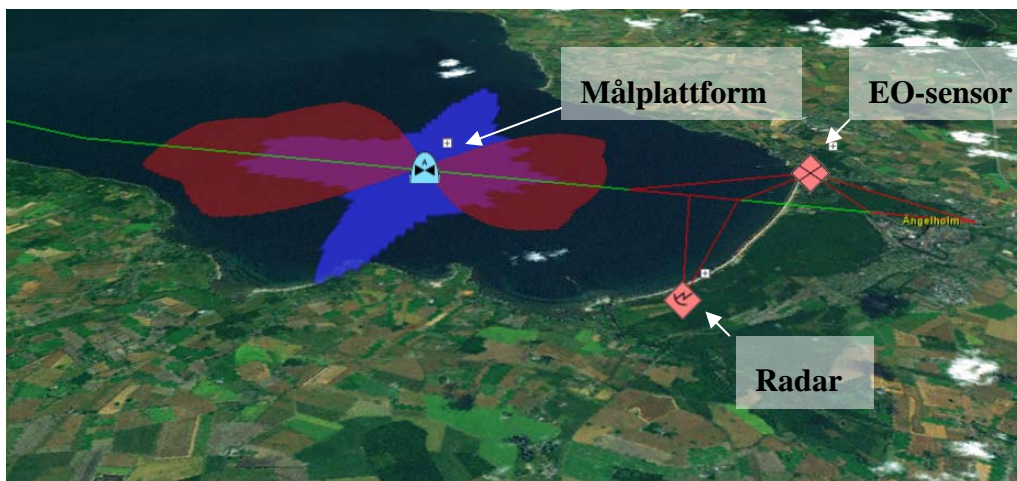


Figur 8 Täckningsdiagram i 3D för möjliga positioner för en radar för att upptäcka målet med vinkelberoende målsignatur, jfr Figur 5.

2.4.3 Synlighet utmed brytpunktsbanor

När man vill planera färdväg är det av intresse att veta var en plattform kan befinna sig utan att bli upptäckt. Med hjälp av synlighetsberäkningar kan brytpunktsbanor som markerar färdvägar färgmarkeras efter vilka avsnitt som är synliga för olika sensorer givet vilken plattform som ska följa banan. I dagsläget finns implementerat ett måls synlighet med EO-sensor och radar. Om behov uppstår kan beräkningar för synlighet med andra typer av sensorer komma att läggas till i framtida versioner av EWPlan.

En brytpunktbanas synlighet visas genom att bansträckningen markeras med grön färg där plattformen undgår upptäckt eller röd färg där plattformen detekteras av en sensor, som visas i Figur 9. För de delar av en bana där plattformen blir upptäckt visas även vilken sensor som kan detektera den. I figuren syns också yttäckningsdiagram runt aktuell målplattform för upptäckt av radar (blått) respektive IR-sensor (rött). På banfärgen syns exempelvis att IR-sensorn får svårt att upptäcka plattformen rakt i sidled, och jämför man med IR-diagrammet stämmer detta med utseendet hos plattformens IR-signatur.



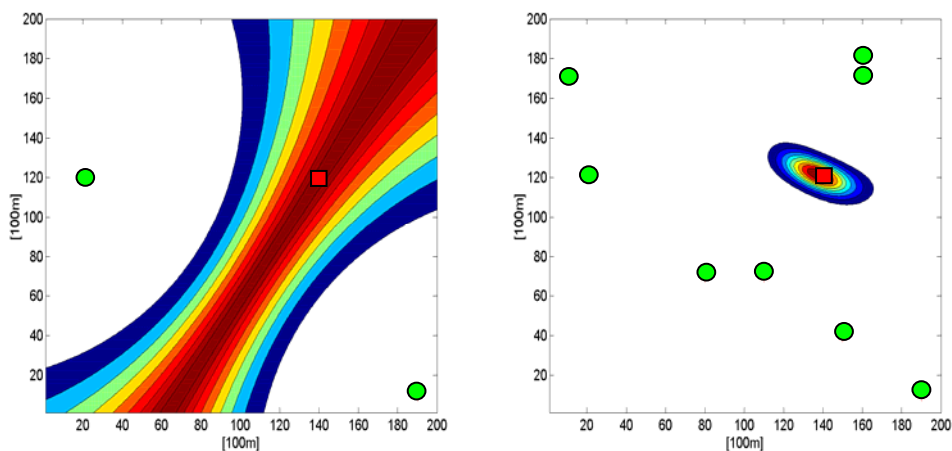
Figur 9 Synlighet utmed en brytpunktsbana. Bansträckningen är grönmarkerad där målet inte syns och rödmarkerad där någon sensor har detekterat plattformen. De röda markeringarna från bana till sensor visar vilken sensor som detekterat plattformen. Som jämförelse visas även den aktuella målplattformen på en position utmed banan med visning av yttäckningsdiagram för upptäckt av radar (blått) och EO-sensor (rött).

3 Duellverktyg

I EWSim har under året nya modeller implementerats. I kapitel 3.1 beskrivs arbetet med signalpejling med signalstyrkemätande sensorer. Arbetet med ett nytt koncept för ett generiskt varnare och motverkanssystem (VMS) i EWSim beskrivs i kapitel 3.2. Även radar-signalspaningssystem skall kunna vara en del i det generiska VMS, med samverkande sensorer. Arbetet med att integrera osgEarth, som kan skapa terräng utifrån kartdata, i EWSim under körning utifrån olika datakällor beskrivs i avsnitt 3.5. I samarbete med andra projekt så har under året en metodik för att använda bildbehandling med hög dynamik upplösning i HWIL-simuleringar utvecklats. Tillämpningsområdet som undersökts har varit HWIL-simuleringar med en mjukvarumodell för simulering av en IR-målsökarens elektrooptiska delar som retikel optik och sensor med en högupplöst HDR-2D bild av scenen som indata. Under året har flera genomgripande förbättringar i EWSim gjorts. I LKS projektet så gjordes meddelandesystemet om från grunden vilket har lett till en högre robusthet, större flexibilitet och mindre utvecklingstid för meddelanderelaterade förändringar [3]. Efter att meddelandesystemet införts så utvecklades en ny kommunikationskanal för plattformsintern kommunikation, se kapitel 3.6 och ett analysverktyg för kommunikation, se kapitel 5.

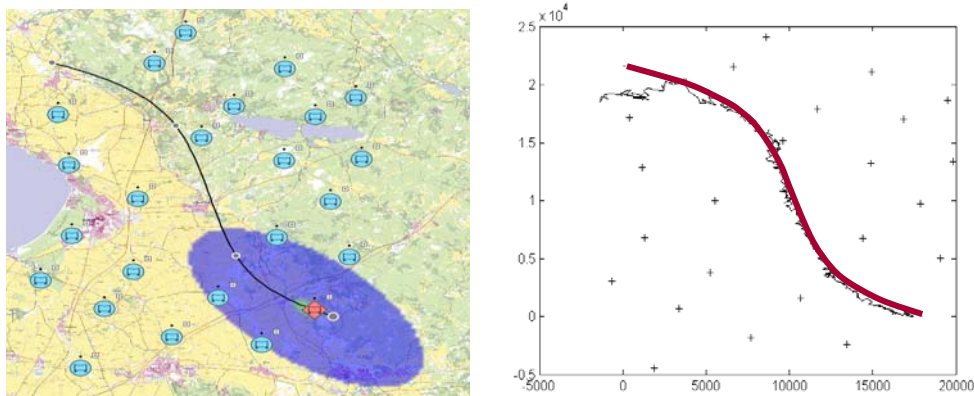
3.1 Positionering genom signalstyrkemätningar

En metodik för att med signalstyrkemätande mottagare beräkna en position för en sändare med okänd uteffekt har utvecklats inom projektet. En teoretisk studie presenterades i [4]. Genom att studera skillnader i mottagen effekt kan, för varje mottagarpär, en effektkvot definieras. Antingen kan man då använda enbart värdet på kvoterna som kombinerat med en enkel utbredningsmodell ger skärningspunkter mellan cirklar som sändarens troligaste geografiska läge. Värdet på effektkvoten kan också kombineras med kunskap om dess sannolikhetsfördelning för att därigenom beräkna hur troligt det är att sändaren står i en viss punkt. Detta är en maximum likelihood (ML) [5] metod som söker finna den position där det är störst sannolikhet att sändaren verkligen står. I Figur 10 visas exempel på hur sådana sannolikhetsfördelningar kan se ut, dels med 2 och dels med 8 mottagare. Metoden är oberoende av hur data uppmätts och kan användas för att kombinera data från olika typer av system. Metoderna med skärningspunkter och ML-metoden utvärderades. Vi har valt att implementera ML-metoden eftersom den visar bäst positionering med många mottagare.



Figur 10 Positionering med sannolikhetsfördelningar. Antalet mottagare är 2 och 8. Konturerna motsvarar 10, 20, ..., 90 % sannolikhet att sändaren befinner sig innanför. Grön punkt: mottagare, Röd fyrkant: sändare.

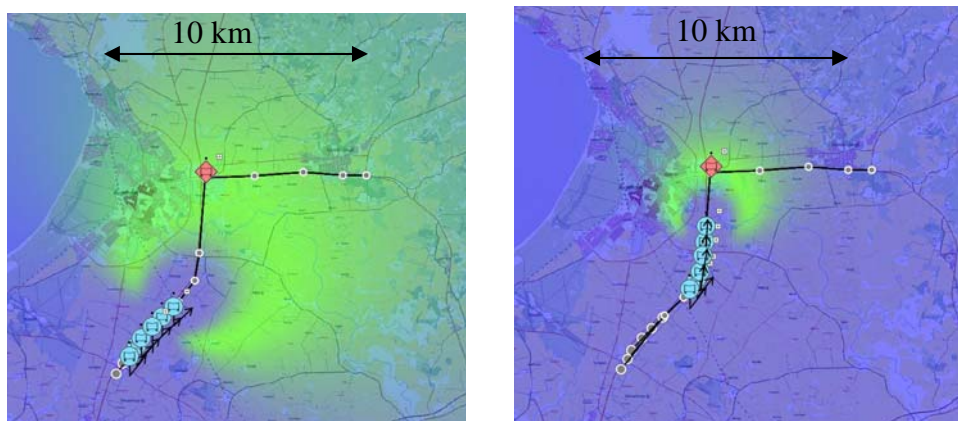
Data från alla mottagarpär kombineras. Den algoritm som valts för att hitta maximum i den kombinerade sannolikhetsfördelningen är ett s.k. partikelfilter [5]. När antalet mottagare ökar förbättras systemets precision. I Figur 11 färdas en sändare genom terrängen. 24 mottagare nyttjas vid positioneringen



Figur 11 Positionering med 24 mottagare. Sändaren färdas längs den heldragna linjen. Vänster: Det gröna området visar sändarens mest troliga läge. Sannolikheten att sändaren finns utanför det blå fältet approximeras med 0. Höger: Positionsfelet har plottats som genomförelse mot färdväg.

ML-metoden är generell och lämpar sig väl för att kombinera data från olika typer av sensorer, t ex signalstyrka, bäringar, Time Difference Of Arrival (TDOA). Ett annat område att titta mer på är algoritmer för att hitta och följa maxima i sannolikhetsfördelningen, t ex om sändaren rör sig. Det går också att lägga in den kunskap man har om det givna terrängavsnittet i ML-processen och via mer avancerade vågutbredningsmodeller därigenom utnyttja terrängdata.

Ett särskilt intressant specialfall är möjligheten att avståndsbestämma sändare i vägens förlängning. En kolonn har som regel en relativt bra pejlbas åt sidan, men en dålig konfiguration för positionering i kolonnens färdriktning. I Figur 12 ser vi exempel på hur kvaliteten på lägesbestämningen förbättras då kolonnen närmar sig sändaren.



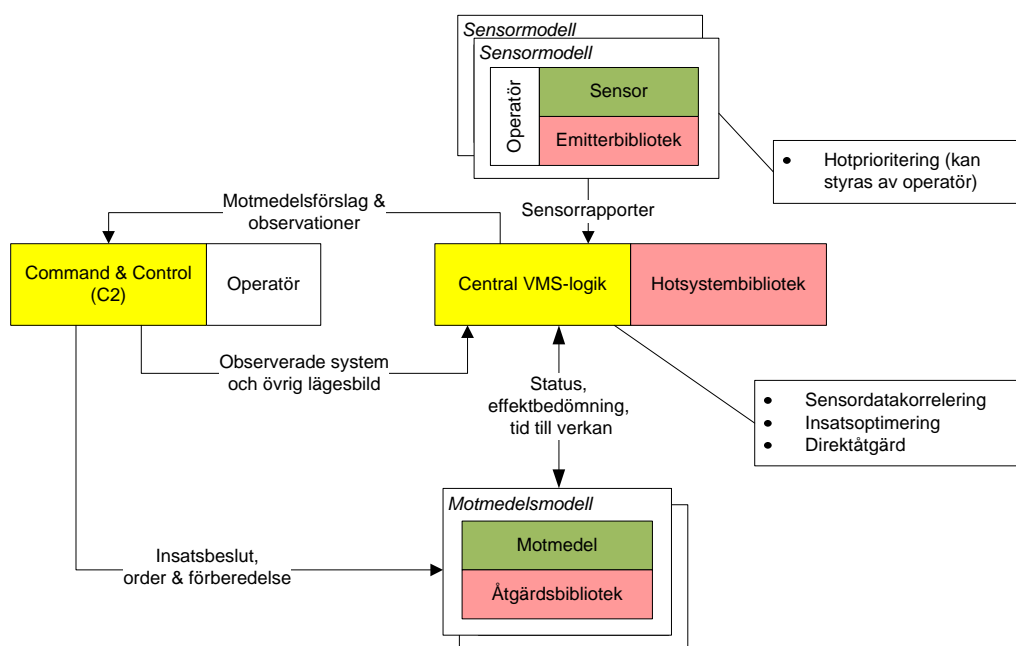
Figur 12 Positionering i vägens förlängning. Avståndet mellan fordonen är i detta exempel 500 m. Det gröna området visar sändarens mest troliga läge.

Positioneringssystemet är implementerat i EWSim ramverket på ett liknande sätt som TDOA och televapencentral (TVC). Detta betyder att de signalstyrkemätande sensorerna är sammankopplade med en TVC, vars uppgift är att sammanställa sensordata. Från det sammanställda datat beräknar TVCn en position på den sändande enheten.

3.2 Generiskt VMS

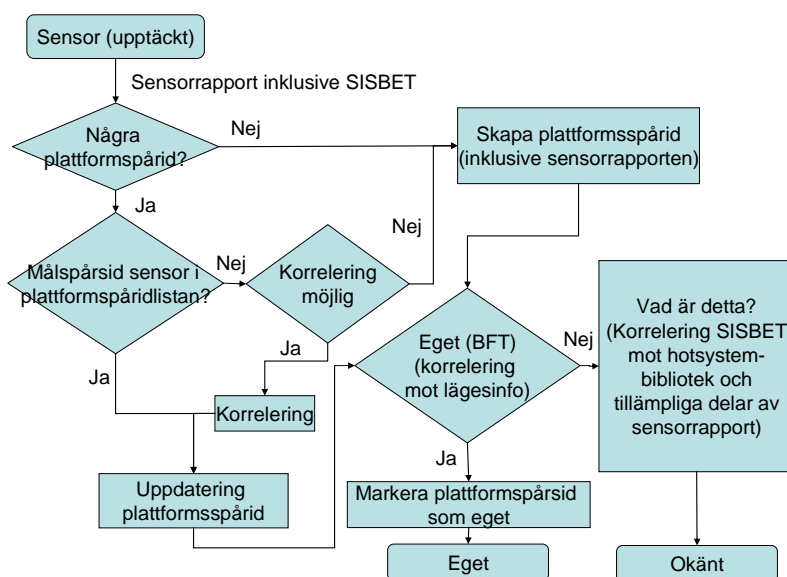
I samverkan med projektet framtida behov inom VMS har ett arbete påbörjats där EWSim används för modellering av ett generiskt VMS. Kravet på det generiska systemet är att kunna efterlikna verkliga system, alltifrån komplexa fartygssystem, med operatör i loop, till enklare helautomatiska system på en mindre plattform. Systemet bygger på att flera sensorer av skild typ samverkar för en hotidentifiering och därpå följande insatsoptimering. Genom att kombinera delsystem på valfritt sätt kan man, utöver att ta fram uppsättningar som efterliknar verkliga system, även utvärdera tänkbara framtida VMS-koncept. Under året har en design tagits fram för detta generiska VMS.

Den övergripande strukturen för hela VMS ser, för en plattform, ut enligt Figur 13.



Figur 13 Övergripande struktur VMS.

Sensorer genererar sensorrappporter i samband med att en emitter detekteras och rapporterar dessa till en central VMS-logik (DAS) inom samma plattform. DAS korrelerar sensorrappporter från rapporterade sensorer och identifierar aktuella hot (plattformar). Observationer (korrelerad bild, utvunnen ur sensorrapporterna) skickas till Command & Control (C2) som sammanställer en lägesbild. C2 kan vid förfrågan erhålla lägesbilden från C2 på andra plattformar. Dessa skickas då vidare till DAS se Figur 14.



Figur 14 Flödesschema över hur logiken i VMS associerar målspår och data från sensorer till ledningssystemet (C2) för en plattform.

DAS får rådata från sensorer på egen plattform, men endast observationer från andra plattformar. DAS gör hotprioritering, frågar motmedlen efter status, effektbedömning och tid till verkan, och gör sedan en insatsoptimering. DAS skickar sedan motmedelsförslag inklusive rådata till C2 på egen plattform.

3.2.1 Signalspaningsutrustning radar

Under 2009 identifierades behovet av att modellera en signalspaningsutrustning, härafter kallat ESM-system (eng. Electronic Support Measures), i samband med samverkansprojektet Electronic Warfare Common Modular Architecture for Mission Simulation (EW COMARMS), beskrivet i kapitel 6.4. Under 2010 har arbetet fortsatt. För att ESM-systemet skall kunna vara en del i det generiska VMS, med samverkande sensorer, har kravbildens utökats gentemot kravspecifikationen från 2009. Fortfarande gäller att ESM-systemet skall detektera, klassificera och identifiera hot baserat på registrerade signalparametrar. Beslut om motåtgärder har däremot flyttats till den centrala VMS-logiken, eftersom en sammanvägning av flera sensorer skall göras.

3.2.1.1 Design

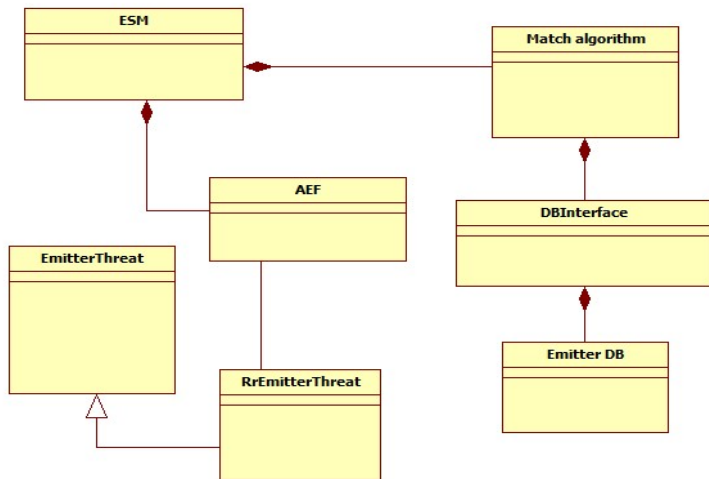
Den befintliga radarvarnaren utökas med följande komponenter: Ett emitterbibliotek, en aktiv emitterfil (AEF) samt en matchningsalgoritm.

Emitterbiblioteket beskriver alla tänkbara emitterar och deras emittermoder. Biblioteksdata som används i simuleringen kan antingen tas från verkliga bibliotek eller vara ansatta. Biblioteksdata är statisk under simulering.

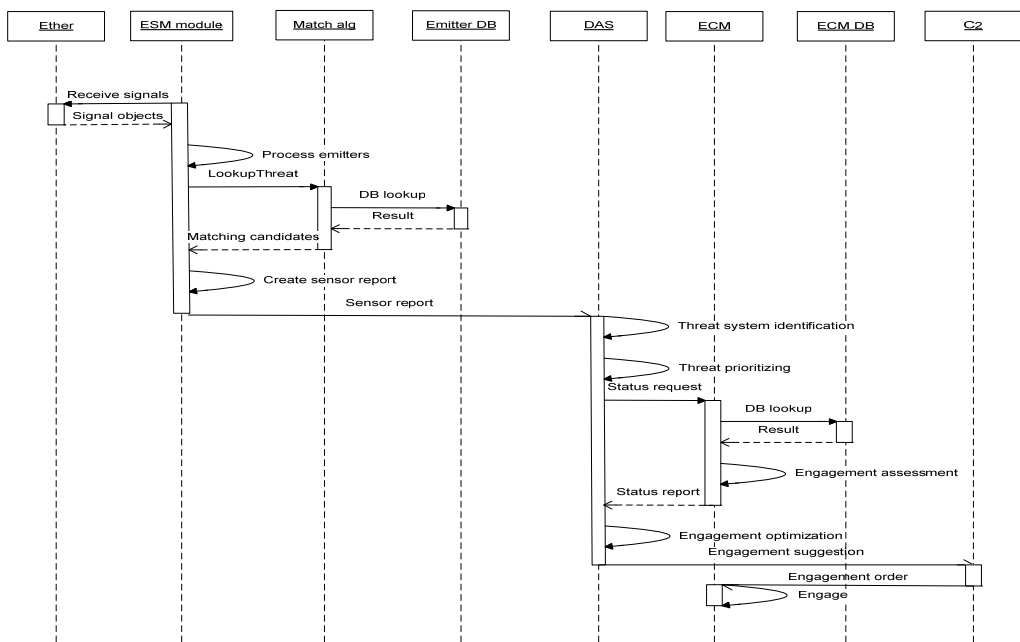
AEF är en samlad beskrivning av registrerade emitterar. Den består av ett antal listor där emitterar placeras, beroende på klassificering. Dessa uppdateras dynamiskt under simuleringen. Möjlighet kommer att finnas för en operatör att manuellt redigera informationen i AEF.

Matchningsalgoritmen innehåller logik för matchning av inkommande signal, d.v.s. en matchning mellan signaler i AEF mot emittermoder i emitterbiblioteket. Denna är designad för att vara utbytbar i simuleringen, för att kunna representera olika typer av system.

Figur 15 visar en förenklad översiktsbild av de viktigaste ingående komponenterna och hur de hänger samman. I Figur 16 visas hur de samverkar med det övergripande VMS, från detekterad signal i ESM-modulen, till insats från motverkanssystemet, i figuren benämnt ECM (eng. Electronic Countermeasures).



Figur 15 Översiktsbild av de viktigaste ESM-komponenterna.



Figur 16 Samverkan mellan ingående komponenter.

3.2.1.2 Status implementation

Ingående komponenter som syns i Figur 15 har implementerats i EWSim-miljön. Ett emittermodsbibliotek kan skapas med nödvändiga parametrar för att beskriva emitterar i simuleringen. Slagning mot biblioteket sker via ett gränssnitt, vilket ger möjligheten att byta ut den underliggande databasen om behov uppstår.

Ett exempel på en matchningsalgorithm har skapats. Denna använder sig av emittermodsbiblioteket för att identifiera möjliga emitterar baserat på vissa givna radarparametrar. Integration med befintlig modell av radarvarnare återstår. För att till fullo

kunna använda de tänkta parametrarna i emitterbiblioteket, krävs viss utökning av de befintliga radarmodellerna i EWSim.

Några av komponenterna som visas i Figur 16 är i dagsläget inte fullständigt utvecklade. Detta gäller bl.a. en utökad logik i DAS. Denna innefattar exempelvis sensordatakorrelation, hotprioritering och insatsoptimering. Innan detta kan implementeras krävs visst fortsatt designarbete. Rapporter från sensorer måste hanteras av DAS. Genomförd utveckling av meddelandesystemet tillhandahåller en struktur för detta.

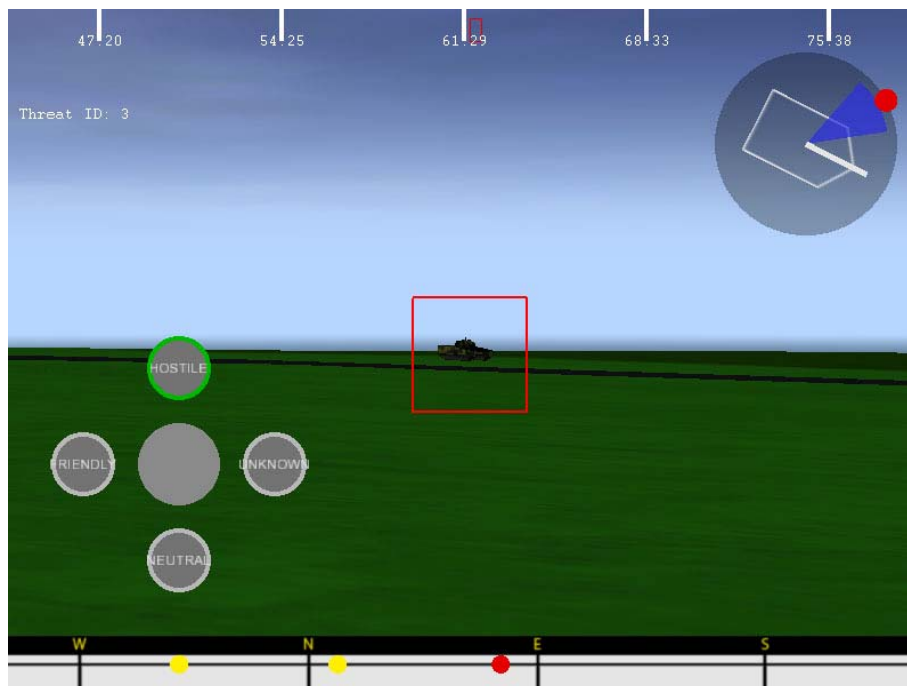
Vidare behöver NetScene utökas för att kunna hantera de bibliotek som kommer att ingå i simuleringen. Hanteringen innefattar dels inläsning av källdata, samt att vid simuleringsstart distribuera bibliotek till berörda moduler. Målet är att källdata skall kunna vara existerande bibliotek. Under året har en dialog förts med FM TKSE gällande användande av deras genererade bibliotek i EWSim-miljön. Inga tekniska hinder har identifierats i samband med detta.

Arbetet med att implementera ESM-systemet kommer att fortsätta under nästa år. Detta kommer att ske parallellt med utvecklingen av det generiska VMS.

3.2.2 Grafisk vägledning för operatörer av VMS-utrustade plattformar

I många situationer är det inte lämpligt att tillåta VMS att per automatik verka för att avvärja uppkomna hotsituationer. Då är det snarare viktigt att kunna stödja operatören för att kunna utföra bästa åtgärd, genom att presentera information från systemet på ett bra sätt. I angränsande projekt har man tidigare studerat fallet med markgående terrängfordon utrustade med VMS. I år har man funderat vidare på hur en vagnchef respektive skytt på ett bra sätt kan understödjas med information tillhandahållet av VMS. Informationen är tänkt att presenteras som överlagrade bilder på operatörens display.

För att kunna utvärdera hur dessa koncept upplevs och fungerar genom simulering med EWSim, har ett system för att underlätta framtagandet av dynamiska grafiska komponenter utvecklats. Komponenterna kan kopplas till data från simuleringen och tillåter input från operatören. Ett exempel på hur information om lägesbild och prioriterat hot kan presenteras för en vagnchef med ett elektrooptiskt sikte, visas i Figur 17. Man ser även hur chefen kan interagera med systemet, genom att göra en hotklassificering.



Figur 17 Simulering med EWSim, där information presenteras på ett elektrooptiskt sikte hos en vagnchef. Längst ner syns en 360 graders kompass, med lägesbilden presenterad. Uppe till höger visas en bild av hur vagnen, vapnet och siktet är orienterade. Även här är hotet markerat. Nere t.v. syns hur operatören är i färd med att bekräfta klassificeringen av markerat hot som fiendligt.

3.3 Fortsatt metodikarbete för att använda HDR i HWIL-simuleringar

I samarbete med projekt Hälge där elektrooptiska målsökare simuleras med riktig hårdvara så har under året en metodik för att använda bildbehandling med High Dynamic Range (HDR) i Hardware-in-the-Loop (HWIL) -simuleringar utvecklats. Tillämpningsområdet som undersökts har varit (HWIL-simuleringar med en mjukvarumodell för simulering av en IR-målsökarens elektrooptiska delar som retikel, optik och sensor med en högupplöst HDR-2D bild av scenen som indata.

Tidigare HWIL-uppsättningar har använt förenklade punktmålsmodeller för att i mjukvara på en vanlig PC kunna klara realtidskraven gällande beräkningshastighet och fördröjningar. Det är i dessa sammanhang ofta önskvärt att kunna simulera mål med komplexa geometrier, eventuellt med en signatur som varierar över dess yta och med betraktningvinkel. Detta har tidigare lösts genom att konstruera målen med flera sammansatta punktmålsmodeller.

Syftet med årets genomförda arbete har främst varit att undersöka huruvida detta kan åstadkommas med hjälp av vanliga persondatorer, utrustade med dagens avancerade grafikhårdvara som erbjuder goda möjligheter till snabba dataparallella beräkningar.

En ny modul som simulerar en retikelmålsökare och dess tillhörande IR-sensor har implementerats. Vi har valt att kalla modulen för Image-Based Sensor (IMSE). IMSE utnyttjar grafikhårdvaran, dels för att generera simulerade IR-bilder av en virtuell 3D-värld och dels för beräkningar vid generering av en målsökarens sensorsignal. IMSE har kopplats till en befintlig HWIL-miljö. Indata från resterande system är exempelvis spatiell information för mål och sensor. Utdata är den genererade sensorsignalen. Denna måste tillhandahållas med en hög och jämn takt. För att klara realtidskraven har vi anpassat kvaliteten på utsignalen. Med den signalkvalitet som hårdvaran kräver, blir belastningen på grafikhårdvaran nära den maximala. P.g.a. variationer i prestanda leder detta till att

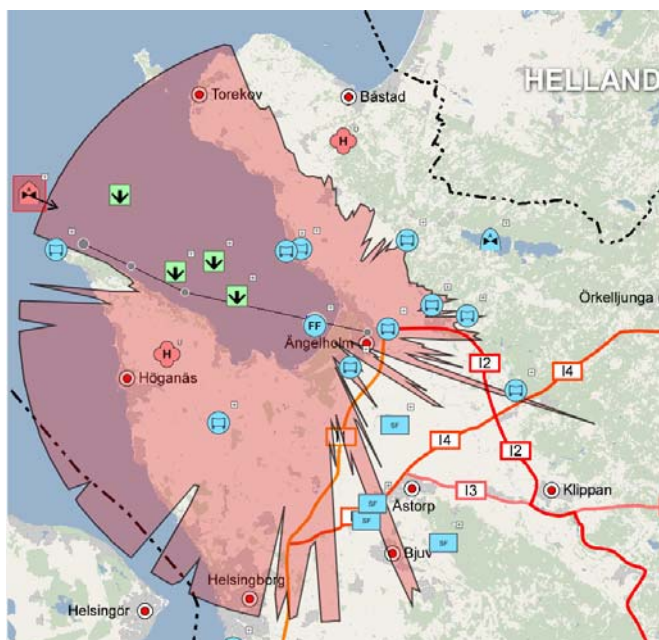
IMSE inte alltid hinner med att generera data i tid. Detta kan eventuellt avhjälpas med bättre grafikhårdvara, som förmodligen kommer att finnas tillgänglig inom några år om utvecklingstakten på grafikkort fortskrider.

Inledande tester ger anledning att tro att denna metod kan användas för att i HWIL-miljö simulera målsökare exponerade för utbredda komplexa mål. Kvar att lösa är problem rörande stabilitet och integration med HWIL-simulatore. Bra signaturmodeller för mål i 3D måste dessutom finnas att tillgå. Modellen av sensors irradiansberäkning är också någonting att vidareutveckla.

3.4 Ledningsstöd för den dynamiska duellsimuleringen

Under scenariobyggande och planering har simuleringsramverkets verktyg god tillgång till ledningsstöd och planeringshjälpmedel i form av täckningsdiagram, länkberäkningar med flera verktyg i EWPlan. Under den dynamiska duellsimuleringen har man varit beroende av fristående simuleringar i EWPlan, där resultatet till stor del berodde på hur väl man lyckats anpassa testscenarier till det aktuella läget. Under året har EWPlan integrerats i den dynamiska simuleringen så att täckningsdiagram kan visas baserat på den information som finns tillgänglig för en spelare i varje skede av en simulering kompletterat med underrättelseinformation om vilken typ av enheter som kan tänkas finnas på motståndarsidan. Implementationen bygger på att EWPlan inkluderats i verktyget LKS Stab, ett program som används av en stab för att visa lägesbild baserad på sensorrapporter och för att kunna skicka order. LKS Stab är utvecklat inom demonstratorprojektet ledningskrigföringssimulatore [6] och vidareutvecklas inom transferprojektet ledningskrigföringssimulatore [3] och arbetet med att integrera EWPlan har delvis utförts inom det projektet.

Användande av ledningsstödet under en simulering kan se ut som visas i Figur 18. De egna enheternas (blå) position bygger på sensorrapporter och motståndarenheterna (röda) är baserade på underrättelseinformation. I figuren visas radartäckning för fartyget i bukten och hur en ev. radarstörare skulle påverka radarn.

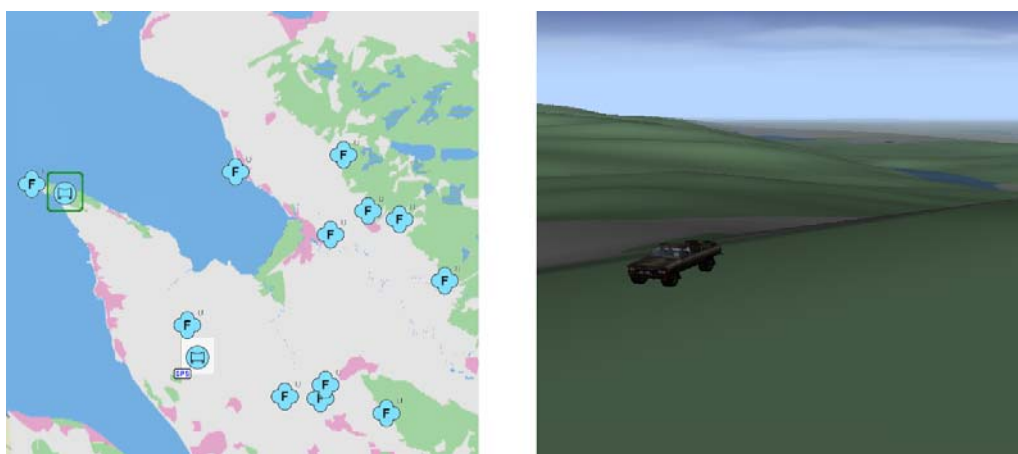


Figur 18 Användande av EWPlan genom LKS Stab under dynamisk duellsimulering.

3.5 Kart och terrängdata

Föregående år påbörjades arbetet med att integrera open source-projektet osgEarth [7] i EWSim. OsgEarth är ett projekt som skapar 2D- och 3D-kartor under körning. Som indata till osgEarth går det att använda flertalet av de format som beskrivs i kapitel 4. Under 2010 har arbetet med att integrera osgEarth fortgått. WorldWind i NetScene och EWSim kan nu dela indata, vilket medför att NetScene och EWSim kan jobba mot samma server och går att konfigurera till att ha identiska utseenden på sina kartor.

osgEarth har integrerats i EWSim så att det nu går att använda osgEarth som terrängmotor för höjddata. Detta gör att EWSim kan köra simuleringen på alla ställen som det finns data för utan att först behöva generera och distribuera terrängen för det nya stället. Eftersom genereringen av terräng är en process som tar relativt lång tid så har tiden för att göra testkörningar på nya geografiska platser kortats ned betydligt med denna teknik. Hur kartor och terränger ser ut idag i Ewsim går att se i Figur 19.



Figur 19 Till vänster är en lägesbild i ewsim presenterat på en karta som genererats under körning. Till höger syns en av plattformarna ifrån lägesbilden som är placerad på en terräng som är genererad under körning.

OsgEarth innehåller tekniker som är mer lämpade att använda för att läsa av höjddata än vad som används idag. Arbete har påbörjats med att undersöka vad dessa tekniker skulle betyda för oss i form av pålitlighet och snabbhet i systemet. Ett problem idag är att terräng laddas in i det område där man väljer att titta på simuleringen och därmed ger en höjdförfrågan inte alltid är garanterad att ge samma svar. Detta problem skulle man kunna kringgå genom att använda osgEarth för att göra förfrågningar om höjd då man kan tvinga osgEarth att svara med den finaste upplösning som finns tillgänglig för aktuell punkt.

3.6 Plattformsintern kommunikation

Under året har en ny kommunikationskanal utvecklats i EWSim för plattformsintern kommunikation som använder high level architecture (HLA) [8]. Plattformssignalsystemet är inspirerat av kommunikationen i en vanlig databuss, t.ex. i industriella styrsystem. Kommunikationen kan ske direkt från punkt till punkt, genom att adressera destinationen eller med en s.k. broadcast där signaler går till alla som är anslutna till databussen.

Systemets signaler består av samma meddelanden som skickas mellan plattformar (C2 till C2) och som nyligen designats om helt [3]. Däremot så sker ingen simulering med avseende på signalstyrka eller liknande på databussen, utan den är tänkt att ersätta den direkta kommunikationen i programkod som görs i stor utsträckning idag. Genom att låta kommunikationen gå över HLA så kan entiteter som simuleras på olika federater kommunicera med varandra på ett effektivt sätt utan att belasta kommunikationssimuleringen.

I och med att federationsdesignen inte begränsas av hur entiteter behöver kommunicera innebär det att det blir lättare att skala upp simuleringar genom att den kan distribueras på fler datorer. Simulerar man med en människa i loop, human in the loop (HIL), så finns nu också en bättre möjlighet att låta användaren få tillgång till alla användargränssnitt själv genom att designa federationen så att användaren får en egen dator. Det är inte minst viktigt i VMS-scenarion där man vill ha olika "stationer" när man simulerar. I sjöfallet så vill man kanske t.ex. ha en radaroperatör en operatör för elektrooptiska siktet och i framtiden en operatör för VMS.

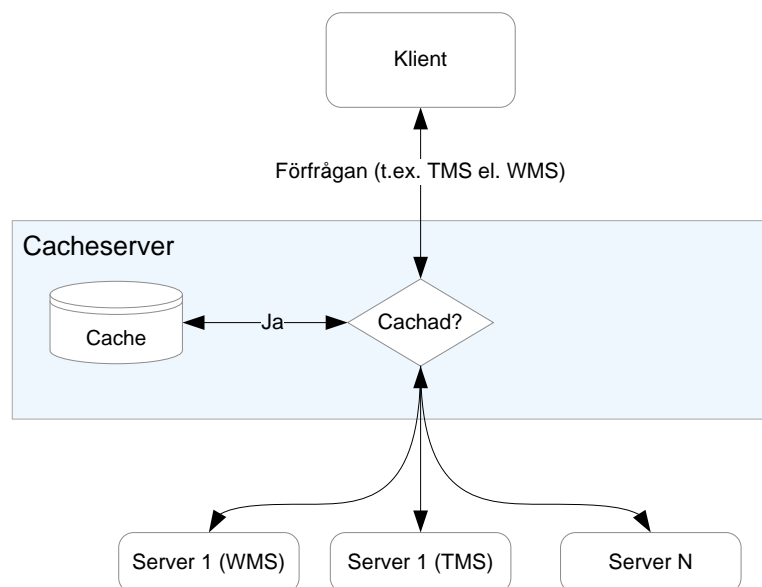
En annan fördel finns när man använder en kommunikationskanal som utnyttjar HLA för kommunikation mellan entiteter är att det blir mycket lättare att kommunicera med entiteter som inte simuleras av applikationer i EWSim-ramverket. Det öppnar t.ex. upp möjligheten att lättare kunna kommunicera med andra simuleringsramverk.

4 Geografisk dataförsörjning

Under året som gått har två klienter, NASA WorldWind (se Kapitel 2.2 Kartformat) och osgEarth (se Kapitel 3.6 kart o terrängdata) börjat användas som grund för att på ett enkelt sätt kunna koppla sig till olika geografiska informationssystem, GIS-tjänster som tillhandahåller kartdata. Flera typer av servrar har utvärderats och två servrar valts och används idag, en från företaget Carmenta som tillhandahåller karttjänster i formaten Web Map Service (WMS) [9], Web Coverage Service (WCS) [10], Web Feature Service (WFS) [11] och Tile Map Service (TMS) [12]. Samt WorldWind Server från NASA som servar data till klienter som accepterar det modifierade WMS protokoll den använder sig av. Den har dessutom ett antal förbestämda lagertyper som går att konfigurera med egen data från olika källor.

Carmenta servern laddas med geodata från FM GEO SE en del av Lantmäteriet, där vi idag använder paket för Afghanistan och Sverige. Servern klarar av att läsa kartdatapaket som till exempel Lantmäteriet tillhandahåller. På detta sätt får vi på ett effektivt sätt tillgång till olika kartor över hela världen till de olika applikationerna¹ i EWSim-ramverket. Höjddata som vi testat och lyckats få att fungera i EWSim och ComNet är DTED [13] samt GeoTiff [14]. Vi har däremot inte fått en WCS server att serva höjddata som fungerar i NetScene eller EWSim.

Nackdelen med att centralisera karttjänsterna till en server är att belastningen på servern kan bli hög under en simulering, med långsam kartinläsning som följd. För att motverka detta och snabba upp inläsningen kan vi spara undan tidigare förfrågningar i minne och på disk för snabb åtkomst nästa gång samma data förfrågas. Detta görs med s.k. cacheservrar. För en översikt på hur det fungerar, se Figur 20. Två olika cache-servrar har utvärderats under året där den ena var specialgjord för att cacha TMS förfrågningar vilket inte löste problemet med WMS förfrågningar. Istället valdes slutligen en helt generell webb-cache som kan cacha alla förfrågningar och är helt karttjänst-neutral.



Figur 20 En väldigt enkel översikt hur en cacheserver fungerar. En klient, t.ex. WorldWind frågar efter ett utsnitt av en karta, har någon redan frågat efter samma utsnitt så behöver man inte fråga kartservern efter samma utsnitt igen utan kan läsa direkt från minnet eller disk. Har ingen frågat efter utsnittet innan så frågar man kartservern och sparar resultatet i cachen.

¹ NASA WorldWind i Netscene och OsgEarth i EWSim och ComNet.

5 Analysverktyg

För att möjliggöra analys av en genomförd duellsimulering kan all HLA-trafik spelas in av federaten EWLogger. Detta innebär att objekt och interaktioner loggas med samtliga uppdaterade attribut. EWLogger kan efter avslutad simulering generera en XML-fil av HLA-trafiken för vidare analys i t ex Excel. Förutom detta finns det funktionalitet i de enskilda programverktögen och under 2010 har en kommunikationsanalysator lagts till i samband med införandet av plattformintern kommunikation, se kapitel 3.6. Verktöget utvecklades i EWSim för att kunna titta på all² kommunikation som går över HLA i federationen.

Verktöget har möjlighet att göra avancerad filtrering på avsändare, mottagare och meddelandetyper. Se Figur 21 för en bild hur det ser ut i EWSim. Den nya funktionaliteten har visat sig värdefullt när utveckling av nya funktioner sker för att studera kommunikationsdetaljer och spåra händelseförlopp.

Filters (regular expressions)

Source:

Destination:

Message name:

? Update

Type	Time	Source id	Destination id	Message name
←Y	61.9	B01_B_Radio_Jam_Platform_DF_Squad_1_CnC	B01_B_Radio_Jam_Platform_Hq_CnC	SISBearingData
←Y	61.9	B01_B_Radar_Jam_Platform_DF_Squad_2_CnC	B01_B_Radar_Jam_Platform_Hq_CnC	SISBearingData
I	61.9	B01_B_Radio_Jam_Platform_DF_Squad_3_CnC	(broadcast)	SISBearingData
I	61.9	B01_B_Radio_Jam_Platform_DF_Squad_1_CnC	(broadcast)	SISBearingData
I	61.9	B01_B_Radio_Jam_Platform_DF_Squad_2_CnC	(broadcast)	SISBearingData
←Y	61.8	B01_B_Radio_Jam_Platform_DF_Squad_3_CnC	B01_B_Radio_Jam_Platform_Hq_CnC	SISBearingData
←Y	61.8	B01_B_Radio_Jam_Platform_DF_Squad_1_CnC	B01_B_Radio_Jam_Platform_Hq_CnC	SISBearingData
←Y	61.8	B01_B_Radio_Jam_Platform_DF_Squad_2_CnC	B01_B_Radio_Jam_Platform_Hq_CnC	SISBearingData
I	61.8	B01_B_Radar_Jam_Platform_DF_Squad_3_CnC	(broadcast)	SISBearingData
I	61.8	B01_B_Radar_Jam_Platform_DF_Squad_1_CnC	(broadcast)	SISBearingData
I	61.8	B01_B_Radar_Jam_Platform_DF_Squad_2_CnC	(broadcast)	SISBearingData
←Y	61.8	B01_B_Radar_Jam_Platform_DF_Squad_3_CnC	B01_B_Radar_Jam_Platform_Hq_CnC	SISBearingData

(Message)

Type: message to node

Time: 61.2

Source: B01_B_Radio_Jam_Platform_JAM_Squad_CnC

Destination: S02_B_Navy_Corvette_Higher_Staff_CnC

Net id: 12

Message:

RECIPT*|

TEXT: SendPlatformPos Received*|

FORMAT: 948*|

-----END-----

Figur 21 Kommunikationsanalysatorn listar kommunikation och information om kommunikationstyp, tid, avsändare, mottagare och meddelandena.

² Plattformintern kommunikation och kommunikation mellan C2:or

6 Övriga aktiviteter

6.1 FOCUS övning

I anslutning till den årliga övningen mellan flygvapnet och luftvärnet kallad FOCUS gjordes några anpassningar och förbättringar baserat på användbarhetsförbättringar och förslag för Försvarmaktens Telekrig Stödenhets (FM TK SE) behov. NetScene sågs som ett bra verktyg för att planera och i utbildningssyfte visa övningsdeltagarna telekrigsaspekter inför övningen. Det verktyg som FM TK SE för närvarande använde till liknande syfte är inte tillräckligt flexibelt där ändringar i flygplaneringen inte kan förändras med kort varsel. NetScene är på det sättet mycket flexibelt och enkelt eftersom alla beräkningar sker direkt och inte måste förberedas.

FOCUS övningen tog plats vid Gotland och ett scenario med tre radarstationer, två UndE23 och en PS861 [15] togs fram. Ett antal olika radarstörare lades in med olika konfigurationer. Radarstörarna kan sedan kopieras och tas bort efter behov. En karta i lat-long-format (WGS84) genererades från vår FOI-interna kartserver så att planeringen kunde ske på en laptop utan Internetanslutning. Figur 22 visar yttäckning för de två UndE23 enheterna och Figur 23 visar yttäckning för PS861 enheten. Fem störare kan verka mot UndE23 varav en använder en riktad störantenn och en även kan störa PS861.



Figur 22 Rött område visar täckningsdiagram för två UndE23 på Gotland.



Figur 23 Ljusgrönt område visar täckning för en PS861 placerad på östra sidan av Gotland.

Antennendiagrammen förbättrades genom att inte bara använda fördefinierade funktioner som beskriver lobens utseende utan nu kan också funktionens parametrar sättas från gränssnittet. Detta innebär att antennerna fungerar mer dynamiskt och kan sättas till ungefärliga värden där tillgång till lobens utseende i tabellformat inte behövs eller kan ta tid att få fram.

Det efterfrågades även ett enklare sätt att slå på och av radarer och störare. För att se hur detta kan göras och hur det kan användas skapades ett konceptgränssnitt. Figur 24 visar hur ett sådant gränssnitt kan se ut för kontroll av yttäckningsdiagrammen för radar. De två UndE23 enheternas knappar är gröna vilket betyder att yttäckning visas för dem.

CoverageControl	
UndE23 <i>SurveillanceRR</i> Status: On	Target2 <i>RadarNoiseJammer</i> Status: Off
UndE23_1 <i>SurveillanceRR</i> Status: On	JammerFar <i>RadarNoiseJammer</i> Status: On
PS861 <i>SurveillanceRR</i> Status: Off	JammerNear_1 <i>RadarNoiseJammer</i> Status: On
	JammerFar_2 <i>RadarNoiseJammer</i> Status: Off
	JammerNear <i>RadarNoiseJammer</i> Status: On

Figur 24 Konceptgränssnitt för att slå på och av störare och radarer. Grön knapp betyder att radarn eller störaren är på medan röd betyder av.

6.2 Samarbete med SAAB Aerospace

SAAB Aerospace har haft ett projekt som utvecklat fyra verktyg för konfigurering, planering och analys inför övningar. Dessa verktyg kallas verktyg A, B, C resp. D. I verktyg A konfigureras de emitterbibliotek som finns tillgängliga att använda i störcapseln. I verktyg B planeras flygrutt på en karta och innefattar information om fientliga emitterar. Verktyg C och D är analysverktyg där C visar data från övningen i form

av plottar medan D visar datat som en sekvens på en karta med de upptäckta emittrarna. Verktyg A och C är utvecklade men inte B och D.

SAAB Aerospace har tittat på vårt ramverk för telekrigsimulering och sett att de kan återanvända stora delar av vårt arbete. De viktigaste sakerna de är intresserade av:

- Karthantering
- Terrängdata
- Radarmodeller
- Enkel möjlighet att bygga ut med egen funktionalitet.

I ett tidigt skede resulterade samarbetet i en demonstration av SAAB för kunden där befintliga modeller i NetScene visades tillsammans med karthanteringen.

NetScene passar utmärkt in som en grund för verktyg B. Arbetet pågår för att integrera det befintliga verktyget A i NetScene. Modellen för synlighet utmed brytpunktsbanor, se 2.4.3, har också funktionalitet för att skicka belysningstider och emittertyp till verktyg A. Detta innebär att en operatör kan få förslag på vilka emitterbibliotek som bör väljas för att undvika pålåsning av de emittrar man väntas bli belyst av.

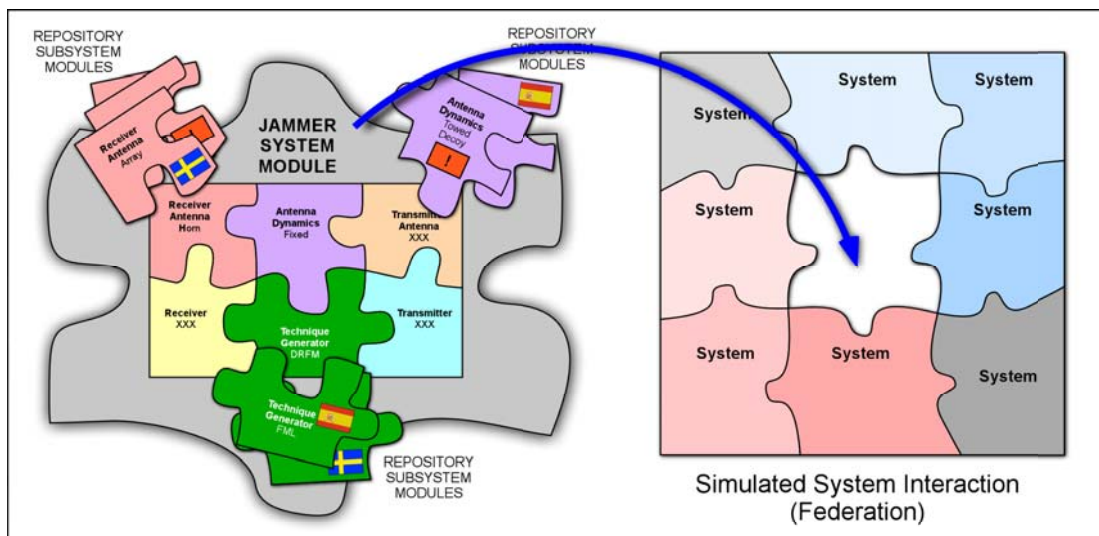
Intresse har även visats för att bygga verktyg D på NetScene. Då laddas GPS loggad positionsdata in i NetScene för att sedan spelas upp. Under uppspelningen kan sedan data om belysning, pålåsning och avhakning visas.

6.3 LKS planeringsverktyg

I genomförandeplanen för det här projektet ingår det som en deluppgift att stötta transferprojekt ledningskrigföringssimulatorens (LKS) med telekrigsmodeller. Verktögen i LKS har som syfte att kunna visa på effekter som telekrig och computer network operations (CNO) har på ledningsförmågan, och verktögen som används bygger på EWSim-plattformen. Under året har LKS-verktyget gått från att användas i demonstratorprojekt till användning i detta transferprojekt där LKS ska användas som ett planeringsstöd i en operativ stab med fokus på informationsoperationer. De nya behov som uppstår i och med det nya användningsområdet har till stora delar att göra med att fokus nu ligger på planering. Nyutveckling inom EWPlan kommer därför till användning även i LKS. En viktig del är också vidareutvecklingen som gjorts av geodataförsörjning så att planeringen ska kunna ske var som helst i världen. Under året har även arbete som utförts i LKS-projektet kommit till nytta i det här projektet. Exempelvis har verktyget LKS Stab som används av en stab utnyttjats för att kunna integrera ledningsstöd i den dynamiska duellsimuleringen, se avsnitt 3.4, och en omarbetning av meddelandesystemet som används vid överföring av order och rapporter mellan enheter har kunnat utnyttjas för att förbättra EWSim-plattformen i flera avseenden, se inledningen till kapitel 3. För mer information om transferprojekt ledningskrigföringssimulatorens, se rapportering från det projektet [3].

6.4 EW COMARMS

I februari avslutades förstudien "Feasibility Study for the Electronic Warfare Common Modular Architecture for Mission Simulation" (EW COMARMS). Förstudien var ett projekt inom European Defence Agency (EDA) med syfte att studera om det är möjligt att definiera en modulär hård- och mjukvaruarkitektur för telekrigsimulering som kan minska utvecklingskostnader och utvecklingstider för framtida simuleringsmodeller, samt öka utbyttbarheten av modeller och moduler mellan forskningsorganisationer och företag inom Europa.



Figur 25 Systemmoduler konstrueras från utbytbara subsystemmoduler som har utvecklats enligt EW COMARMS interface definition för att användas i en federation med andra kompatibla systemmoduler.

Förstudien pågick under 2009 och avslutades i början på 2010 med Sverige och Spanien som deltagare. Ett technical arrangement (TA) [16], som signerades i februari 2009, definierade innehållet i samarbetet och delade upp projektutförandet under ett år i fem arbetspaket.

Ett av de främsta resultaten från projektet är att en metodik har tagits fram som kan användas vid ett eventuellt projektgenomförande. Metodiken innebär att modeller beskrivs på ett gemensamt sätt genom användande av BOM³-standarden samt att ett antal strategier följs för att anpassa modeller till så kallade standardmodeller, vilka blir möjliga att dela. Ett annat resultat från projektet är att det inte är nödvändigt att använda sig av en gemensam simuleringsmiljö (ramverk) för att modeller ska kunna utbytas. Det är tillräckligt att modeller är utformade för användning i HLA-kompatibla framework, och sedan kan varje simulator som ska använda delade modeller använda önskat framework.

För ett fortsatt EDA-samarbete anser vi att fler länder behöver involveras så att den framtagna metodiken kan utvärderas vidare och få en bredare förankring.

Utöver kännedom om problem som kan uppstå vid internationella samarbeten har förstudien gett projektet ett antal värdefulla insikter kring modularisering, modellbeskrivning samt behov av nya modeller (se kapitel 3.2.1).

6.5 Simulering av enkla beteendemodeller

Under året har idén om att använda en kraftfull skriptmotor kommit fram för att kunna simulera en användare mer flexibelt och kraftfullt än vad vi kan idag. En förstudie och ett konceptbevis gjordes.

En skriptmotor i EWSim kan användas för att simulera en användare. Detta genom att skapa ett autonomt beteende genom att skriva programkod i ett interpreterande⁴ programmeringsspråk, en slags förenklad artificiell intelligens.

³ BOM, Base Object Model, är en SISO-standard för att identifiera och beskriva konceptuella modeller samt interoperabilitet mellan dessa.

⁴ Interpreterade programspråk kompileras inte till maskinkod som t.ex. C/C++ utan tolkas av ett program direkt när man exekverar koden. Detta innebär att man kan skapa, göra ändringar och exekvera ett program direkt utan att vänta på att ens programmet omvandlas till maskinkod.

Förstudien tittade på olika interpreterande programmeringsspråk: Ruby [17], LUA [18] och Python [19]. Python ansågs som lämpligast då det finns stort stöd för det programmeringsspråket i programvarubibliotek som redan används i EWSim. Dessutom används redan Python i programkodgeneratoren för det nya meddelandesystemet [3].

Ett konceptbevis gjordes för att visa att de krav vi ställer uppfylls. Kraven som identifierades var bl.a.

- Att kunna ta emot meddelanden (t.ex. ordrar och rapporter, från egen och andra plattformar).
- Att kunna skicka meddelanden.
- Att kunna få reda på när vissa händelser sker i simuleringen.
- Att kunna interagera med entiteter i simuleringen.

Konceptbeviset bestod av utveckling av ett program som uppfyller kraven som ställdes i dess enklaste form. Vikten låg inte på maximal funktionalitetsutveckling utan att bevisa att det går och få erfarenhet i området innan det utvecklas i en skarp version i EWSim. Resultatet var lyckat, alla krav kan uppfyllas och inga hinder föreligger.

7 Diskussion

Ramverket EWSim gör det möjligt att värdera hela telekrigsscenarioer där den utvecklade simuleringstekniken och tekniken ger FM utökade och nya möjligheter att värdera teknik och taktik på flera nivåer. Simuleringsmiljön har fått många nya värderingsmöjligheter på kommunikationsområdet och hur telekriget påverkar informationsdomänen. Att simulera och värdera telekriget ger möjligheter att utveckla metoder och teknik där informationsutbytet i egna och motståndarens system kan kontrolleras och värderas för att se hur man uppnår ett informationsövertag.

Det internationella samverkansprojektet som projektet drivit, EW COMARMS, i syfte att se om det är möjligt att definiera en modulär hård- och mjukvaruarkitektur för telekrigssimulering, har avslutats under året. Vinsten med ett EW COMARMS var att minska utvecklingskostnad och utvecklingstid för framtida simuleringmodeller, samt att öka utbyttbarheten av modeller och moduler mellan forskningsorganisationer och företag inom Europa. Det som talar mot en fortsättning i EDA-regin är den mycket tröga processen med budget och bemanning som gör det svårt att få till ett projekt under dessa former vilket alla tycks vara överens om.

För att göra det enklare att lägga till olika former av GIS funktionalitet till vårt planeringsverktyg NetScene från färdiga GIS motorer, har en helt ny kartmodul skapats som vi valt att kalla Map3D. Den nya kartmodulen skiljer sig från den gamla genom att tillåta enklare koppling till externa motorer, eftersom det förutsätter väldigt lite om det underliggande ramverket. De funktioner som nu stöds i Map3D är bland annat; möjligheten att skapa 3D täckningsdiagram och att lägga ut spår i 3D. För att få bättre visualisering av utseende och störverkan på de olika modellerna än då de visas i 2D.

Vi har under året lagt till funktionalitet så att man direkt från en GPS kan se sin position i kartan och dessutom skapa ett målspar. En modul som tar emot data från flygplan som sänder ut sin position via AIS har även det lagts till och kan användas för att i realtid visa och ta emot data och på detta vis kan en kombinerad verklig och simulerad omvärld kombineras. Även AIS-datan kan sparas på samma sätt som GPS-datan för att senare nyttjas i andra simuleringar. Detta möjliggör att kombinera verklighet med simulering och öppnar även för möjligheter till att använda verktygen till planering i verkliga situationer.

Radarmålssignaturen och IR-målssignaturen har förbättrats och kan nu definieras via tabellslagning i en signatortabell som innehåller målarea beroende på vinkel mellan sensor och mål, radarfrekvens och polarisation. Vilken signatortabell som ska användas definieras utifrån målets plattformstyp. Ett antal skarpa plattformssignaturer har lagts in och har bland annat använts under FOCUS övningen. Vi ser detta som en bra möjlighet att få in användarnas behov samt även som ett sätt att få koll på hur väl modellerna stämmer mot verkligheten. Då även målflyget är med under denna typ av övning med storkapsel så är samarbetet med SAAB för verktygsutveckling något som kan komma till nytta även för biblioteks och rutt planering.

Algoritmer och metodik för att med signalstyrkemätande mottagare beräkna en position för en sändare med okänd uteffekt har utvecklats. Genom att studera skillnader i mottagen effekt kan, för varje mottagarpar, en effektkvot definieras. Data från alla mottagarpar kombineras. Den algoritm som valts för att hitta maximum i den kombinerade sannolikhetsfördelningen är ett s.k. partikelfilter. De teoretiska tester som genomförts visar att det bör vara möjligt att genomföra. Vi arbetar nu vidare med att titta på hur det fungerar med uppmätta data och detta är något som kommer att fortsätta under nästa år. Jämförelserna sker i samarbete med ett FoT projekt som arbetar specifikt med kommunikationspaning på FOI.

I samverkan med projektet framtida behov inom VMS har ett arbete påbörjats där EWSim används för modellering av ett generisk VMS. Kravet på det generiska systemet är att kunna efterlikna verkliga system, alltifrån komplexa fartygssystem, med operatör i loop,

till enklare helautomatiska system på en mindre plattform. Systemet bygger på att flera sensorer av skild typ samverkar för en hotidentifiering och därpå följande insatsoptimering. Genom att kombinera delsystem på valfritt sätt kan man, utöver att ta fram uppsättningar som efterliknar verkliga system, även utvärdera tänkbara framtida VMS-koncept. Under året har en design tagits fram för detta generiska VMS och kommer att implementeras under kommande år. Vår förhoppning är att vi med hjälp av denna utveckling kan testa de olika koncepten och konfigurationer i den simulerade miljön. Samarbetet med framtida behov inom VMS omfattar även att se hur grafisk vägledning för operatörer ska utformas för VMS-utrustade plattformar genom att presentera information från systemet på ett bra sätt.

Generisk VMS är ett exempel på hur EWSim kommer till nytta då många av de system som simuleras inte finns i operativt bruk och därmed finns inte systemparametrar eller de gränssytor som operatörerna ska interagera med, utan dessa måste tas fram på annat sätt; från ämnesexperter, broschyrer, föredragningar eller artiklar. Då EWSim-modellerna är parametriserade och modulärt uppbyggda gör det sammantaget EWSim-ramverket till en utmärkt verktygslåda att genomföra fördjupade studier av hur man tekniskt och taktiskt kan hantera nya typsituationer i scenarier med ny utrustning.

Då radar-ESM-systemet skall kunna vara en del i det generiska VMS, med samverkande sensorer, har kravbilderna utökats för denna typ av sensorer. Fortfarande gäller att ESM-systemet skall detektera, klassificera och identifiera hot baserat på registrerade signalparametrar. Målet med ESM-modellerna är att källdata skall kunna vara existerande bibliotek. Under året har en dialog förts med FM TKSE gällande användande av deras genererade bibliotek i EWSim-miljön samt ett mindre samarbete med SAAB gett resultat som gör att vi kan få ett givande och tagande utbyte med både FM och industrin som gör att vi tillsammans kan göra större nytta.

Under året en metodik för att använda bildbehandling med HDR i HWIL-simuleringar utvecklats. Tillämpningsområdet som undersökts har varit HWIL-simuleringar med en mjukvarumodell för simulering av en IR-målsökarens elektrooptiska delar som retikel optik och sensor med en högupplöst HDR-2D bild av scenen som indata. Tidigare HWIL-uppsättningar har använt förenklade punktmålsmodeller för att i mjukvara på en vanlig PC kunna klara realtidskraven gällande beräkningshastighet och fördröjningar. Inledande tester ger anledning att tro att denna metod kan användas för att i HWIL-miljö simulera målsökare exponerade för utbredda komplexa mål. Kvarstår att lösa är problem rörande stabilitet och integration med HWIL-simulatorens. Bra signaturmodeller för mål i 3D måste dessutom finnas att tillgå. Modellen av sensors irradiansberäkning är också någonting att vidareutveckla. Internationellt så använder de stora länderna på området upplösta målsignaturer och det är även en förutsättning för att kunna värdera bildalstrande målsökare.

De verktyg som utvecklas är baserade på egen kod samt öppen källkod (t.ex. utgivna under LGPL⁵ licensvillkor) vilket innebär att det inte finns några licenskostnader för att distribuera programvarorna inom FM. Därmed kan distribution av programmen ske betydligt enklare än om de vore licensberoende. Dessutom ger det frihet att laborera och kontrollera hela systemet vilket är mycket bra att kunna göra i denna typ av projekt.

⁵ <http://www.gnu.org/licenses/lgpl.html>, 2010-11-24

8 Fortsatt arbete

Projektet kommer att fortsätta att arbeta med det moduluppbyggda HLA-ramverket, EWSim, och alla nya modeller och funktioner ingår därmed i denna miljö som består av planerings-, duell- och analysverktyg. Här följer en kort beskrivning av de modeller och funktioner där utveckling kommer att ske under 2011 inom respektive område.

Planeringsverktyg

- I arbetet med positionering av radiosändare via signalstyrkepejling har nya metoder för positionsbestämning tagits fram. Istället för att nyttja skärningar mellan kurvor som i mer traditionella pejlsystem (t ex bärings- eller TDOA-mätande), beräknas sannolikheten för att en sändare står i en viss punkt. Sannolikhetsfördelningarna från olika sensorer kombineras för att få den slutliga positionsuppskattningen. Dessa metoder kan utvecklas till att fungera även för traditionella pejlsystem. Att arbeta med sannolikhetsfördelningar innebär att data från olika källor kan kombineras på ett systemoberoende sätt.
- Vidareutveckla yttäckningsberäkningar så att områdesövervakning för bästa sensorplacering kan visualiseras. Omvänt kan samma beräkningar tex användas för att visualisera värsta placering av motståndares sensor om en plattform följer en viss rutt.
- Utveckla en enkel graffunktion i planeringsverktyget för att kunna visualisera och analysera resultat av exempelvis yttäckningsberäkningar.
- Vidareutveckla metoder och verktyg för användning av utländska kartdataformat, höjddata och övrig terränginformation som kan fås med hjälp av FM GEO SE och de verktyg som de dataförsörjer.
- Vidareutveckla verktyg som stödjer planeringsprocesser på operativ nivå för Tk. Exempelvis verktyg för tidssynkronisering och EMCON.
- Studera hur signaturmodellen för plattformar med olika lastalternativ påverkar pålåsningssavstånd till stöd för säker ruttplanering.
- Vidareutveckla modell för länkberäkningar i kommunikationsnätverk så att ett nätverks störkänslighet och hur det påverkas av Tk kan visualiseras.

Duellverktyg

- Att utveckla en modell av modern typ av missiler med bildalstrande målsökare som navigerar till ett målområde mha GPS eller tröghetsnavigering. I målområdet öppnar målsökaren och dess bild länkas tillbaka till operatören som kan välja att låsa på upptäckt och identifierat mål samt att stötta målsökaren vid val av följepunkt i slutfasen. Modellen kommer främst att modellera målsökaren men även missilens dynamik och kinematik inklusive ”man-in-the-loop” samt de idag aktuella motmedlen.
- Vidareutveckla modellen och modellera VMS för fartyg med samma struktur som finns på operativa fartyg.
- Modellering och metodutveckling för hur dynamiska duellsimuleringar kan ge ledningsstöd för Tk på olika nivåer.
- Modellera en aktiv radarrobot.
- Vidareutveckla ESM-modellen. Under 2010 har modellen av radarvarnaren utökats till ett ESM-system med biblioteksfunktionalitet för matchning av registrerad sensorsignal mot ett emitterbibliotek. Modellen bör under 2011 utökas med ett DAS-system, med sensordatakorrelering och insatsoptimering samt koppling till motverkanskanal med åtgärdsbibliotek.

- Förbättra modularisering av radarmodeller. Nyttja erfarenheter dragna från det tidigare EDA-projektet EWCOMARMS för att göra radarmodellerna mer modulära och mindre beroende av EWSims interna arkitektur.
- Vidareutveckla möjligheten att kontrollera autonoma enheter genom förbättrad beteendestyrning och ökad möjlighet att välja olika tillstånd hos en plattform.

Övriga aktiviteter

- Ta fram Demonstration som exemplifierar hur duellsimuleringsverktyg kan användas som hjälpmedel för utveckling av stridsteknik och taktik vid framtida telekrigsinsatser.
- Söka efter andra modeller och försöksdata som kan användas till validering och generera nya idéer.

Kunskapsöverföring

- Vid behov kommer projektet att bistå med begränsat deltagande, stöd, i till exempel:
- FMV:Fartygs utvecklingsverksamheter rörande skydd av fartyg inom radar och optronik och kommunikation.
- Stöttning inför flygövningar som t ex FOCUS.
- Deltagande i FM/FMV systemstudier, utvecklings- och utbildningsverksamhet
- Stötta transferprojektet Ledningskrigföringssimulatorn med telekrigmodeller

9 Referenser

- 1 <http://standards.ieee.org/findstds/standard/1516-2000.html>, 2010-11-24
- 2 Tydén, L., Andersson, H., Brännström, P., Härje, T., Petersson, M. Planeringsverktyg EWPlan v3.3, FOI-R--3067--SE, december 2010.
- 3 Tydén, L., Andersson, H., Brännström, P., Dahlberg, M., Hammarqvist, R., Klum, P., Lif, P., Rosenquist, C., (2010). Ledningskrigföringssimulatorens Planeringsverktyg version 6, FOI-R--3055--SE. Linköping.
- 4 Festin, L. Positionering genom signalstyrkemätningar – Inledande teoretisk studie, FOI Memo 3315, oktober 2010
- 5 Gustafsson, F. Statistical Sensor Fusion, Studentlitteratur, ISBN 978-91-44-05489-6, 2010
- 6 Tydén, L., Brännström, P., Andersson, H., Lundstedt, C., Hammervik, M., Klum, P., Härje, T., Hammarqvist, R., Hilding, L., Mörnstedt, F. (2009). Användarhandledning LKS teknik och metoder, FOI-R--2842--SE. Linköping.
- 7 <http://osgearth.org/>, 2010-11-22
- 8 “IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA) - Framework and Rules”, *IEEE Std. 1516-2000*, vol., no., pp.i-22, 2000
- 9 <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>, 2010-11-23
- 10 <http://www.opengeospatial.org/standards/wcs>, 2010-11-23
- 11 <http://www.opengeospatial.org/standards/wfs>, 2010-11-23
- 12 http://wiki.osgeo.org/wiki/Tile_Map_Service_Specification, 2010-11-22
- 13 <http://www.fas.org/irp/program/core/dted.htm>, 2010-11-22
- 14 <http://trac.osgeo.org/geotiff/>, 2010-11-22
- 15 Gerdle, P. Lärobok i telekrigföring för luftvärnet – Radar och radarteknik, Försvarsmakten, M7741-8541-850101 Telekrig Rr Tak Lv, 2004
- 16 Feasibility Study for the Electronic Warfare Common Modular Architecture for Mission Simulation, TECHNICAL ARRANGEMENT No B 0057 IAP2 ERG to ERG Arrangement No1 to the EUROPA MOU
- 17 <http://www.ruby-lang.org/>, 2010-11-18
- 18 <http://www.lua.org/>, 2010-11-18
- 19 <http://www.python.org/>, 2010-11-18