

Modellering av störd radaroperatör i EWSim

Morgan Nordin, Peter Klum, Ulf
Berggrund



FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1350 anställda varav ungefär 950 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, bedömningen av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.



FOI
Totalförsvarets forskningsinstitut
Ledningssystem
Box 1165
581 11 Linköping

Tel: 013-37 80 00
Fax: 013-37 81 00

www.foi.se

Modellering av störd radaroperatör i EWSim

Utgivare FOI - Totalförsvarets forskningsinstitut Ledningssystem Box 1165 581 11 Linköping	Rapportnummer, ISRN FOI-R--1720--SE	Klassificering Metodrapport
	Forskningsområde 6. Telekrig och vilseledning	
	Månad, år September 2005	Projektnummer E7015
	Delområde 61 Telekrigföring med EM-vapen och skydd	
	Delområde 2	
Författare/redaktör Morgan Nordin Peter Klum Ulf Berggrund	Projektledare Lars Tydén	
	Godkänd av Mikael Sjöman	
	Uppdragsgivare/kundbeteckning Försvarsmakten	
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig Lars Tydén	
Rapportens titel Modellering av störd radaroperatör i EWSim		
Sammanfattning (högst 200 ord) <p>Inom FoT-projektet duellsimulering telekrig pågår arbete med att ta fram en modell av radaroperatör i störd miljö inom ramen för utvecklingen av simuleringsmiljön EWSim. Denna rapport beskriver läget av arbetet med modellen samt ett inledande test för att studera hur radaroperatörer agerar i olika situationer.</p> <p>Resultaten av testet pekar som väntat på att operatörens agerande påverkas av störning. Vidare ser man att scenariernas uppbyggnad och att kännedom om användargränssnittet har betydelse för agerandet hos operatören. Information som gavs till operatören innan scenariet var viktig, då operatörens agerande speglar förväntningar utifrån den givna informationen.</p> <p>För att göra en modell av en radaroperatör i störd miljö krävs det att man tar hänsyn till många aspekter. Radarmodellen som har använts behöver utvecklas till att innehålla fler funktioner, fler störformer bör användas, mer tester med vana radaroperatörer bör göras, man bör studera reglementsensliga handlingsalternativ som en radaroperatör har att gå efter samt studera radaroperatörer i arbete under övning. I denna rapport presenteras ett arbete som påbörjats för att lägga grunden till modelleringen av störda radaroperatörer.</p>		
Nyckelord radarsimulering, störsimulering, modellering, operatör		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 26 s.	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista	

Issuing organization FOI – Swedish Defence Research Agency Ledningssystem Box 1165 581 11 Linköping	Report number, ISRN FOI-R--1720--SE	Report type Methodology report
	Programme Areas 6. Electronic Warfare and deceptive measures	
	Month year September 2005	Project no. E7015
	Subcategories 61 Electronic Warfare including Electromagnetic Weapons and Protection	
	Subcategories 2	
Author/s (editor/s) Morgan Nordin Peter Klum Ulf Berggrund	Project manager Lars Tydén	
	Approved by Mikael Sjöman	
	Sponsoring agency Swedish armed forces	
	Scientifically and technically responsible Lars Tydén	
Report title (In translation) Modelling jammed radar operator in EWSim		
Abstract (not more than 200 words) <p>In the FOI project duel simulation in electronic warfare there is an undergoing process of developing a model of a radar operator exposed to radar jamming within the simulation environment EWSim. This report describes the current situation of the model as well as an initial test formed to study how a radar operator acts in different situations.</p> <p>The results show that the radar operator is indeed affected by radar jamming. Further one can see that the structure of the scenarios and knowledge of the user interface has importance in the acting of the operator. The information given to the radar operator before the scenario was proven to be important since the operator was acting on basis of the given information and expectations of the scenario.</p> <p>In order to make a model of a radar operator a lot of aspects need to be taken under consideration. The radar model used needs to be developed to contain more functions, more types of jamming must be used, more tests with experienced radar operators must be carried out, one should look at the proper rules a radar operator follows and it is also necessary to study radar operators at work during military exercises. In this report, a work is presented that forms a base of modeling a radar operator in a jammed environment.</p>		
Keywords radar simulation, ECM simulation, modelling, operator, jam		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages 26 p.	
	Price acc. to pricelist	

Innehåll

1	Inledning.....	7
1.1	Bakgrund.....	7
1.2	Syfte.....	7
1.3	Nytta för Försvarsmakten.....	8
1.4	Läsanvisningar.....	8
2	Simuleringsmiljö.....	9
2.1	EWSim.....	9
2.2	Radarmodell.....	9
2.2.1	Ingående centrala delar i radarmodellen.....	10
2.2.2	Radarsignatur.....	11
2.2.3	Användargränssnitt.....	11
2.2.4	Nätverkssimuleringar, HLA.....	13
2.3	Störsändarmodell.....	13
3	Test.....	15
3.1	Testscenarier.....	15
3.2	Försökspersoner.....	17
3.3	Genomförande.....	18
3.3.1	Initial information.....	18
3.3.2	Loggning.....	18
3.3.3	Intervju.....	19
3.4	Resultat.....	19
3.4.1	Testscenariernas påverkan på resultatet.....	21
3.4.2	Försökspersonernas påverkan på resultatet.....	21
3.4.3	Gränssnittets påverkan på resultatet.....	22
3.4.4	Genomförandets påverkan på resultatet.....	22
4	Sammanfattning.....	23
4.1	Slutsatser.....	23
4.2	Förslag på fortsatt arbete.....	23
5	Tack till.....	24
6	Referenser.....	25

Bilaga: Intervju

1 Inledning

1.1 Bakgrund

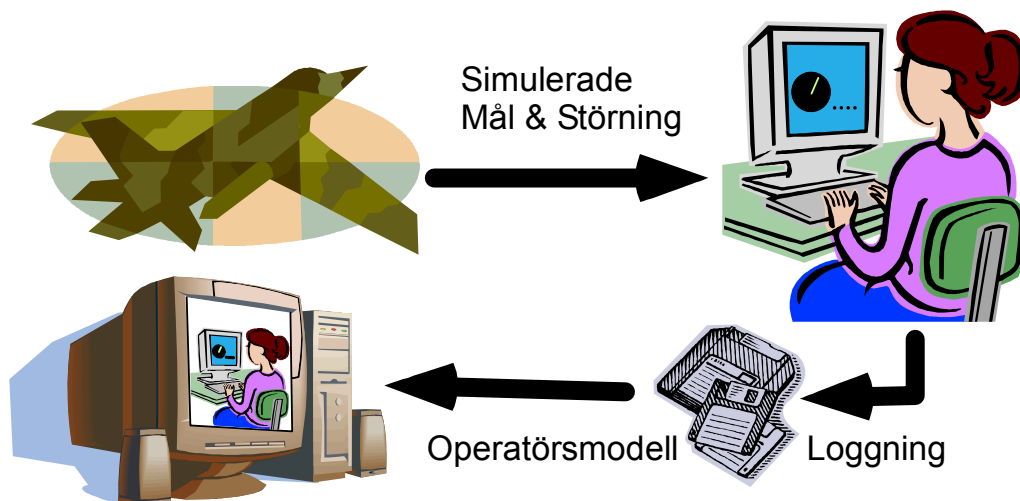
Duellsimulering Telekrig är ett FoT-projekt vid institutionen för Telekrigvärdering som under ett antal år arbetat med en simuleringsmiljö, *EWSim*, för taktisk och stridsteknisk telekrigvärdering. I simuleringsmiljön ska telekrig mot kommunikation, radar och optronik kunna simuleras på ett realistiskt sätt.

En simulering i *EWSim* kan ske enskilt eller i en duell där ett flertal användare, federater, ansluter till en spelsserver som tillhandahåller spelscenariet vilket är av uppdragstyp. I detta scenario kommer olika användare att fungera som vänner och andra som fiender. En användare kan handha en utrustning och kallas i detta fall för en operatör. En operatör kan t ex vara en radaroperatör som har som uppgift att styra sin radar för att upptäcka och identifiera luftmål samt invisa lämplig eldenhet.

Att bemanna alla operatörer med människor (HIL, Human In the Loop) är ofta ohållbart vid större simuleringar (många operatörer) eller då simuleringen ej går i realtid (en mänsklig interaktion under simuleringen blir svår). För att kunna hantera sådana situationer måste operatörens handhavande av utrustningen istället simuleras.

1.2 Syfte

Den aktivitet som beskrivs i detta dokument syftar till att försöka modellera en operatör (i detta fall en spaningsradaroperatör) som påverkas av störning i ett scenario. Efter att en operatörsmodell har tagits fram kan denna användas som ett substitut för en mänsklig operatör i simuleringen.



Figur 1 Metoden för operatörsmodellering

Metoden som presenteras, är att utforma ett användargränssnitt i form av en spaningsradaroperatörsplats med PPI. I detta användargränssnitt kommer fiendliga, civila och egna flygmål samt olika störformer som repeterstörstörning och brus att presenteras.

Genom att logga en användares hantering av systemet (val av störskydd, stöttning, fel vid stöttning, etc.) kommer en kunskapsdatabas att byggas upp som sedan ska ligga till grund för en modellering av störd radaroperatör.

1.3 Nyttan för Försvarmakten

Med modeller av operatörer som verkar i störda miljöer kan realistiska simuleringar av stora scenarier genomföras där telekrigets påverkan på striden kan värderas. Operatörsmodeller gör det även möjligt att värdera telekrig där operatören har ett stort inflytande på resultatet och där simuleringen ej är reelltidsanpassad.

1.4 Läsanvisningar

Kapitel 1 - Inledning

Beskriver bakgrund till arbetet, syftet samt nyttan för Försvarmakten.

Kapitel 2 - Simuleringsmiljö

Beskriver den använda simuleringsmiljön, den utvecklade radarmodellen samt den störsändarmodell som används.

Kapitel 3 - Test

Beskriver testmetodikerna, de scenarier som tagits fram, försöksgruppens sammansättning, parametrar som kan loggas samt resultat från de första testerna.

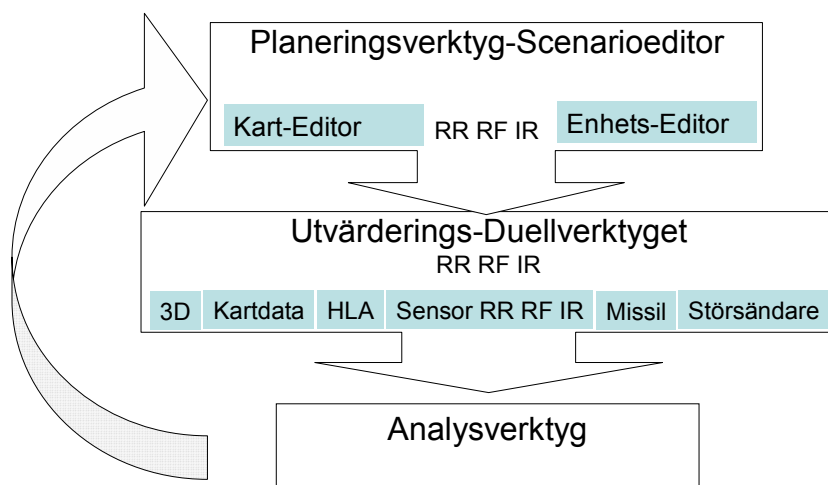
Kapitel 4 - Sammanfattning

Sammanfattar resultat och ger förslag på fortsatt arbete.

2 Simuleringsmiljö

2.1 EWSim

EWSim (Electronic Warfare Simulation Interface Model) siktar mot att kunna presentera en simuleringsmiljö som på ett realistiskt sätt beskriver nätverksbaserade sensor- och telekrigfunktioner för studier av multispektral systemsamverkan i nätverk. Exempel på tillämpningar med EWSim, i ett fortsatt projekt, är att simulera ledningskrigföring med telekrig eller hur integrerade nätverkslösningar för telekrig kan se ut och vilken effekt de ger. I sådana tillämpningar simuleras stora områden och många enheter där varje enhets individuella egenskaper har betydelse. EWSim utvecklas i FOT-projektet ”Duellsimulering telekrig” på FOI. Uppbyggnaden av EWSim beskrivs i figuren nedan.



Figur 2 Delar som ingår i EWSim

Ramverket innehåller ett planeringsverktyg där scenariet byggs upp med ingående objekt. I utvärderingsverktyget genomförs själva simuleringen med modeller av sensorer och objekt. I analysverktyget kan genomförda simuleringar värderas.

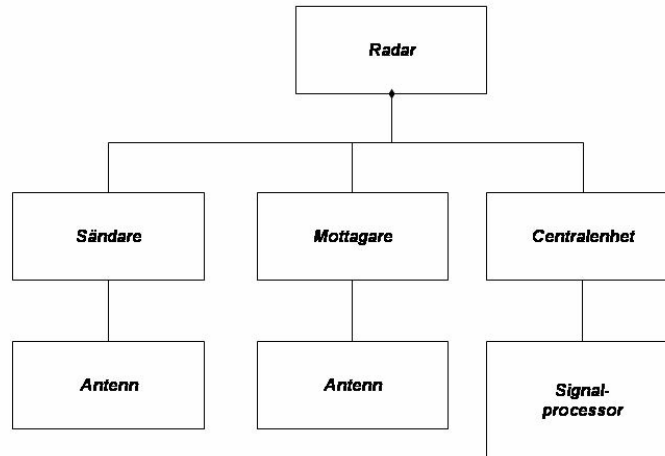
EWSim utnyttjar verktyg utvecklade som öppen källkod för att slippa licenskostnader och för att ha obegränsad insikt i koden. Som grafikverktyg utnyttjas *OpenSceneGraph*. För fönsterhantering och även för att skapa grafiska användargränssnitt har *wxWidgets* använts. Själva scenariet i en simulering genereras frikopplat från EWSim med hjälp av scenarieeditorn *NetScene* som utvecklats på FOI inom projektet Duellsimulering telekrig och i samarbete med *MOSART*-projektet. EWSim finns rapporterat i [1].

2.2 Radarmodell

Innan man kan börja utvärdera effekter av telekrig krävs att man har utvecklat bra modeller. Därför har fokus hittills lagts på att bygga upp och utveckla en radarmodell. Tanken är att genom att låta ett antal parametrar beskriva radarmodellens beteende kan man enkelt utnyttja samma modell till att modellera ett antal olika radarsystem genom att ändra dessa parametrar (generisk modell). Det innebär också att alla radartyper inte kommer att utnyttja alla parametrar som finns definierade. Användaren av modellen ska kunna välja vilket system han/hon vill arbeta med och därefter sköter modellen resten så att rätt parametrar används och ett användargränssnitt skapas till just det systemet.

2.2.1 Ingående centrala delar i radarmodellen

För att skapa en god modularitet och struktur på radarmodellen har delar med centrala egenskaper modellerats som egna objekt. Ett exempel är antenner. Genom att modellera antennerna som egna objekt kan man lätt byta ut dem mot nya antenner med annorlunda egenskaper. Strukturen av radarmodellen beskrivs nedan.



Figur 3 Radarmodellens struktur

2.2.1.1 Sändare och mottagare

Sändare och mottagare fungerar som ett interface mellan radarn och omgivningen. Sändaren sänder ut radarsignaler och mottagaren tar emot dem. Sändare och mottagare talar om för kanaladministratören (se nedan) om de är aktiva eller passiva. Sedan är det upp till varje radarmottagare att hämta signalinformation från de sändare som kan påverka och själv beräkna mottagen signal. Vid mottagning görs korrektion för dopplerskift till följd av antennernas rörelse relativt varandra, antennernas förstärkning i den riktning som signalen kommer in/sänds ut och förluster pga. vågutbredning.

2.2.1.2 Kanaladministratör för radarn

Kanaladministratören kan beskrivas som det första filter som sorterar ut vilka mottagare och sändare som kan se varandra i världen. Här tas hänsyn till bland annat frekvens och om sändaren är aktiv/passiv. Sändarna och mottagarna talar om för administratören då deras tillstånd ändras, till exempel om en sändare slutar att sända. Administratören beräknar sedan vilka sändare och mottagare som har möjlighet att påverka varandra.

2.2.1.3 Antenner

En antennis uppgift är kort och gott att hålla reda på antenndiagram.

2.2.1.4 Centralenhet

Centralenheten är i dagsläget endast ett mellansteg i radarn. Den håller reda på signalprocessorn som gör det egentliga arbetet.

2.2.1.5 Signalprocessor

Det är här all behandling av signalerna sker. Efter att mottagaren har fått information från kanaladministratören om vilka sändare som har möjlighet att påverka (se 2.2.1.2) undersöker man också vilka sändare som är direkt synliga från mottagaren, dvs. de sändare som skymms av terrängen sorteras bort. Av de sändare som nu finns kvar hämtas information om deras utsända signaler, vilka mottagaren sedan tar emot, se 2.2.1.1. Det är nu signalprocessorns uppgift att utifrån definierade parametrar i radarn extrahera måldata. Det är här radarn tar hänsyn till vilka parametrar som ska användas utifrån den valda radartypen. Beroende på vilken typ av radar man vill simulera kan olika information extraheras från signalen. All information finns förvisso i signalen, men endast den som är möjlig för radarn att ta fram kommer att utnyttjas.

2.2.1.6 Radarsignaler

Radarsignalerna är informationsbärare av radaregenskaper. Om man har en pulsradar som sänder i skurar beskriver signalen en sådan pulsskur. Signalen sänds ut och påverkas sedan av objekten som träffas och sänds, något modifierad, tillbaka till radarn. Att modellera på pulsnivå kräver mycket kraft varför det blir svårt att få simuleringen att kunna gå i realtid. Därför valdes pulsskursnivå som en lämpig komplexitetsnivå för modellen.

2.2.2 Radarsignatur

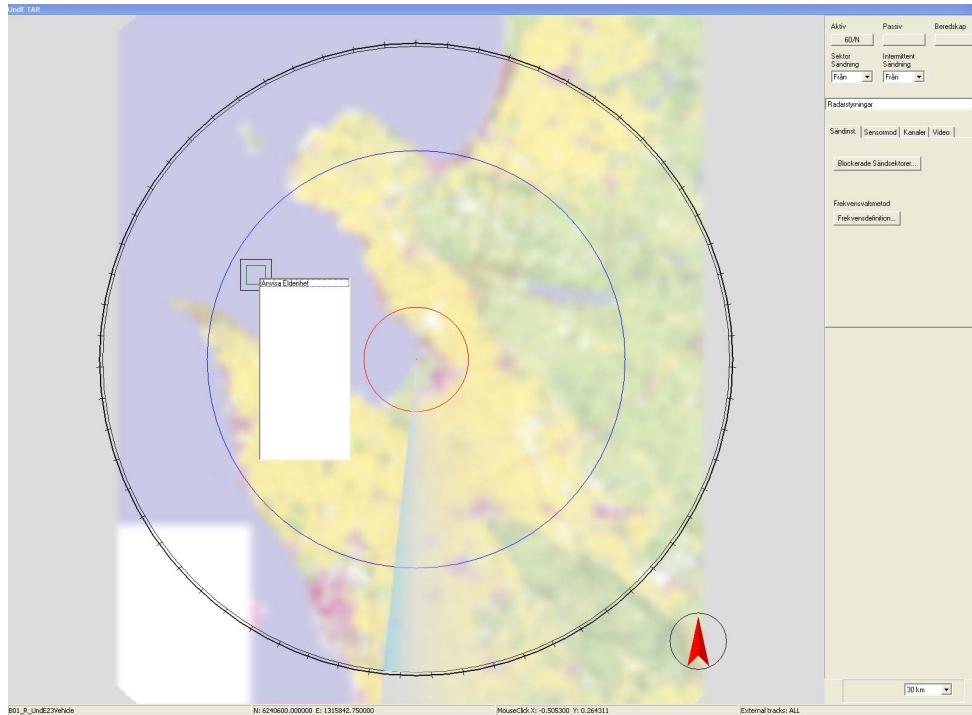
Objekt som är synliga för radarn, dvs. objekt som radarsignaler kan interagera med, kallas för radarmål och har en radarsignatur. Radarsignaturen håller reda på alla möjligheter objektet har att interagera med en signal. Det betyder att både radarmålarea och eventuella störare hanteras av signaturen. Gemensamt för alla radarmål är att de har sändare och mottagare. Detta gör att kanaladministratören verkligen kan hålla reda på alla objekt som är intressanta ur radarsynpunkt.

2.2.3 Användargränssnitt

För att en användare ska kunna styra radarn på ett bekvämt sätt måste det finnas någon form av användargränssnitt, GUI (Graphical User Interface). Användargränssnittets utseende är beroende av vilken typ av radar som simuleras. Då man ändrar något i gränssnittet sker motsvarande ändringar av parametrar i radarmodellen.

Mellan användargränssnittet och själva radarmodellen finns ett interface som gör att användargränssnittet inte styr radarn direkt utan istället via ett mellanlager. Tanken med detta är att ge möjlighet för andra objekt än användargränssnittet att styra radarn utan att behöva känna till radarn själv. Detta kan till exempel vara intressant om man vill kunna fjärrstyra radarn.

Den radar som finns i dagsläget är en förenklad modell av UndE23. Modellen innehåller långt ifrån all funktionalitet som UndE23 gör, men kommer att byggas ut allt eftersom. Det här är något som avspeglas i användargränssnittet vilket gör att de flesta av knapparna idag saknar någon egentlig funktion. En första version av användargränssnittet visas i figuren nedan.



Figur 4 Användargränssnitt till spaningsradarmodellen i EWSim. Det vita området i nedre vänstra hörnet kommer av att kartbilden inte täcker det området.

Användargränssnittet till spaningsradarmodellen är utvecklat med hjälp av *wxWidgets*. Fördelen med *wxWidgets* är att man får ett windowslikt utseende utan att för den skull ha beroende till Windows. Vidare är verktyget, som tidigare nämnts, baserat på öppen källkod vilket gör att man slipper licenskostnader.

Den funktionalitet som finns i användargränssnittet är att man kan markera ett mål och välja att skicka målkoordinater till en eldenhet. Detta gör man genom att klicka på ett mål (grön fyrkant) med vänster musknapp, vilket markerar målet med en svart fyrkant. Genom att högerklicka på en markering får man upp en lista där man kan välja att "Anvisa Eldenhet", se Figur 4. Operatören kan välja att utnyttja intermitternt sändning¹ eller att definiera blockerade sändsektorer i vilka radarn inte sänder. Operatören ställa in avståndsområde och välja om radarn ska vara aktiv (sänder), passiv (endast lyssnar) eller i beredskapsläge (ej sänder eller lyssnar).

¹ Intermittent sändning gör att radarn endast sänder en viss procent av dess antennvarv.

2.2.4 Nätverkssimuleringar, HLA

Då parametrar i modellen ändras skickas interaktioner över nätverket som talar om de nya värdena. På så sätt kommer alltid alla instanser av modellerna vara uppdaterade med rätt inställningar. Kommunikationen över nätverket styrs av HLA².

En central del när det gäller radarsimuleringar över nätverk är kanaladministratören. Kanaladministratören håller reda på inställningar för alla sändare och mottagare och ger därmed också svar på vilka sändare och vilka mottagare som kan interagera med varandra. För att kunna kommunicera med radarmodellen i EWSim från någon annan simuleringsmiljö behöver man skapa sändare och mottagare samt i denna miljö definiera hur dessa utbyter information. I EWSim kommer motsvarande EWSim-objekt som beskriver sändare och mottagare skapas, och som sedan utnyttjas i radarmodellens beräkningar.

Alla radarberäkningar sker lokalt. Detta betyder att den federat³ som äger en radar kommer att göra nödvändiga beräkningar själv. På samma sätt är det upp till varje federat som äger något objekt som kan påverkas av radarsignaler att se efter om de verkligen påverkas. Ett exempel är en simulering av en radar mot ett flygplan med radarvarnare. Radarn simuleras på en federat och flygplanet på en annan. Då radarn sänder och tar emot kommer den att kunna registrera eko av flygplanet och ta fram målkoordinater. Radarvarnaren skulle då kunna ha aktiverats av radarn, men det sker inte automatiskt – det är upp till den federat som äger radarvarnaren att göra den kollen. Dvs. det skickas inga interaktioner om hur sändare och mottagare påverkas i radarsimuleringarna över nätverket.

I framtiden är en tanke att man ska kunna skicka information, till exempel måldata (position, hastighet, radarmålarea mm) över nätverket. På detta sätt kan radarmodellen användas tillsammans med andra simuleringsverktyg eller system för utbyte av information och för att kunna göra gemensamma simuleringar.

2.3 Störsändarmodell

Utvecklingen av störsändarmodellen har skett parallellt och i samarbete med utvecklingen av radarmodellen. Detta har gjort att den grundläggande strukturen av störaren och radarn är mycket lika. Här beskrivs störsändarmodellen väldigt kortfattat, en utförligare beskrivning finns i [2].

Ingående delar i störsändarmodellen:

- 1 Signalprocessor
Behandlar mottagen signal
- 2 Signalgenerator
Genererar en utsignal, eventuellt från mottagen signal, annars från definierade parametrar i störaren
- 3 Sändare och mottagare
Syftar till att ta emot och sända signaler – samma som för radarmodellen
- 4 Antenner
Har hand om antendiagram – samma som för radarmodellen

² HLA, High Level Architecture, en standard för utveckling av distribuerad simulering.

³ En federat är en deltagare i nätverkssimuleringen över HLA. Alla deltagare (federat) samlas i en federation.

5 Störteknik

Innehåller information för att generera rätt utsignal vid viss tidpunkt utifrån den definierade störformen

Störsändarmodellen är uppbyggd i modulform för att man lätt ska kunna byta ut delar utan att behöva ändra hela modellen. På detta sätt ska man kunna byta till exempel antenner eller störtekniker utan att behöva kompilera om modellen.

Störtekniker innehåller beräkningarna för hur signalinformationen sätts samman för att simulera en viss typ av störning. Här är tanken att man ska kunna modellera helt olika störare genom att bara ändra störteknik.

3 Test

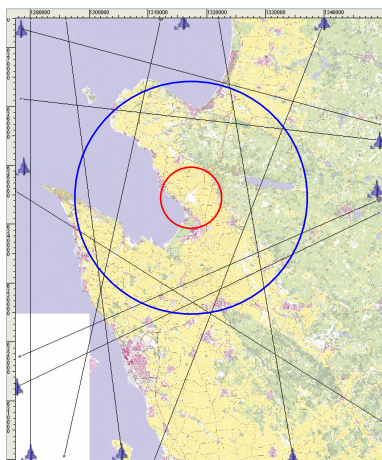
Ett första test genomfördes för att undersöka vilken påverkan testmiljön, testscenarierna och försökspersonurvalet skulle kunna ha på resultatet samt hur testet bäst skulle kunna genomföras. Med detta underlag hoppades vi få en lista med förbättringsåtgärder inför kommande arbete.

Inför testet vidareutvecklades simuleringsmiljön där bland annat loggning implementerades i radarmodellen. Ett antal testscenarier skapades, försökspersoner kontaktades och en genomförandeplan för testet utformades.

3.1 Testscenarier

Totalt under testet användes 7 testscenarier ordnade i komplexitetsordning (enligt vår bedömning). Alla scenarier var centrerade med Ängelholm i centrum och med radarstationen placerad på F10:s flygfält. Testscenarierna skapades genom att kombinera 3 scenarier: ett med civila flygplan på rakbanor, ett med hotflygplan på låga och terrängföljande banor och ett med flygplan bärande brusstörare på höga höjder. Alla flygplan i scenarierna färdades med 250-300 m/s.

Det civila scenariet användes som bakgrund i alla testscenarier och bestod av 10 mål som färdades i rakbanor över kartan i nord-sydlig och väst-östlig riktning. De civila målen fanns för att försvåra för operatören att urskilja det hotfulla målet. De civila målen flög på hög höjd och var observerbara under hela sin flygsträcka.

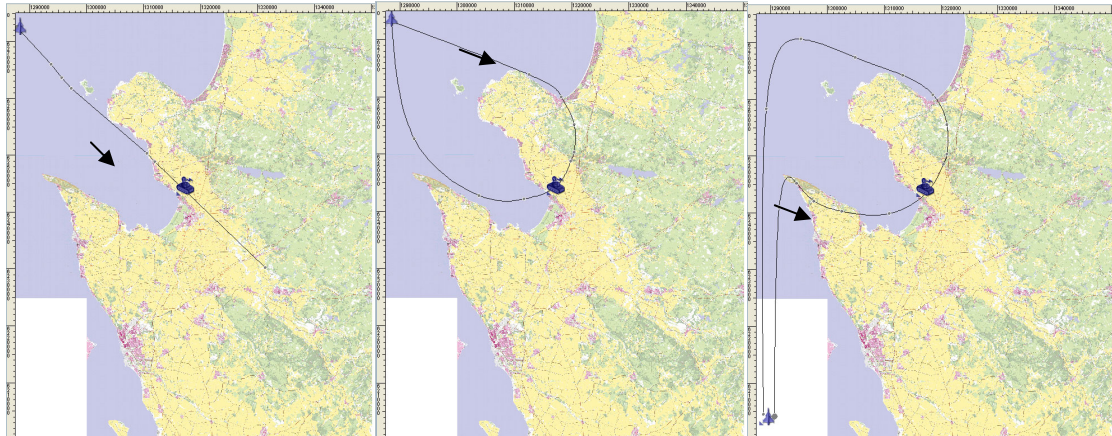


Figur 5 De civila flygrutterna i scenarierna. Starttidpunkten för varje civilt flygplan valdes för att få ett mer komplext mönster av "skenmål". Yttre skjutgräns anges av blå cirkel och inre skjutgräns av röd cirkel. Skärmdump från NetScene.

Operatören hade som uppgift att invisa mål han/hon ansåg var hot mellan en yttre och en inre skjutgräns. Den yttre skjutgränsen sattes till 20 km och den inre skjutgränsen till 5 km, se Figur 5. Ingen av de civila målen gick innanför den inre skjutgränsen.

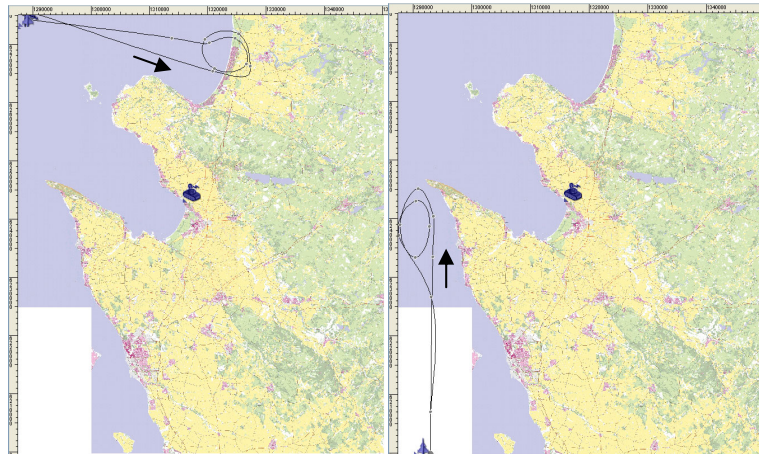
Tre hotbanor (NV-NV, NV-N och SV-NV) definierades som de hot operatören hade att bekämpa (invisa). Hoten startade utanför yttre skjutgräns och uppvisade tämligen omgående ett hotbeteende, där målet började manövrera mot radarstationen eller flög nära terrängen för att komma i terrängmask. Banorna var nära terrängen och NV-N och SV-NV kom i terrängmask under delar av anfallet (bakom Hallandsåsen respektive Kullen). För NV-N

banan blev målet åter synligt vid ca 15 km från radarn samt för SV-NV skedde detta vid ca 9 km från radarn.



Figur 6 Hotflygbanorna NV-NV, NV-N och SV-NV. Pilen visar flygriktningen. Skärmdumpar från NetScene

Två brusstörbanor NV-N och SV-NV definierades för att försvåra invisningen av hotet. Brusstörbanorna låg hela tiden utanför yttre skjutgräns och nyttjades i testscenarierna för att dölja det riktiga hotet eller för att avleda uppmärksamheten bort från det riktiga hotet.



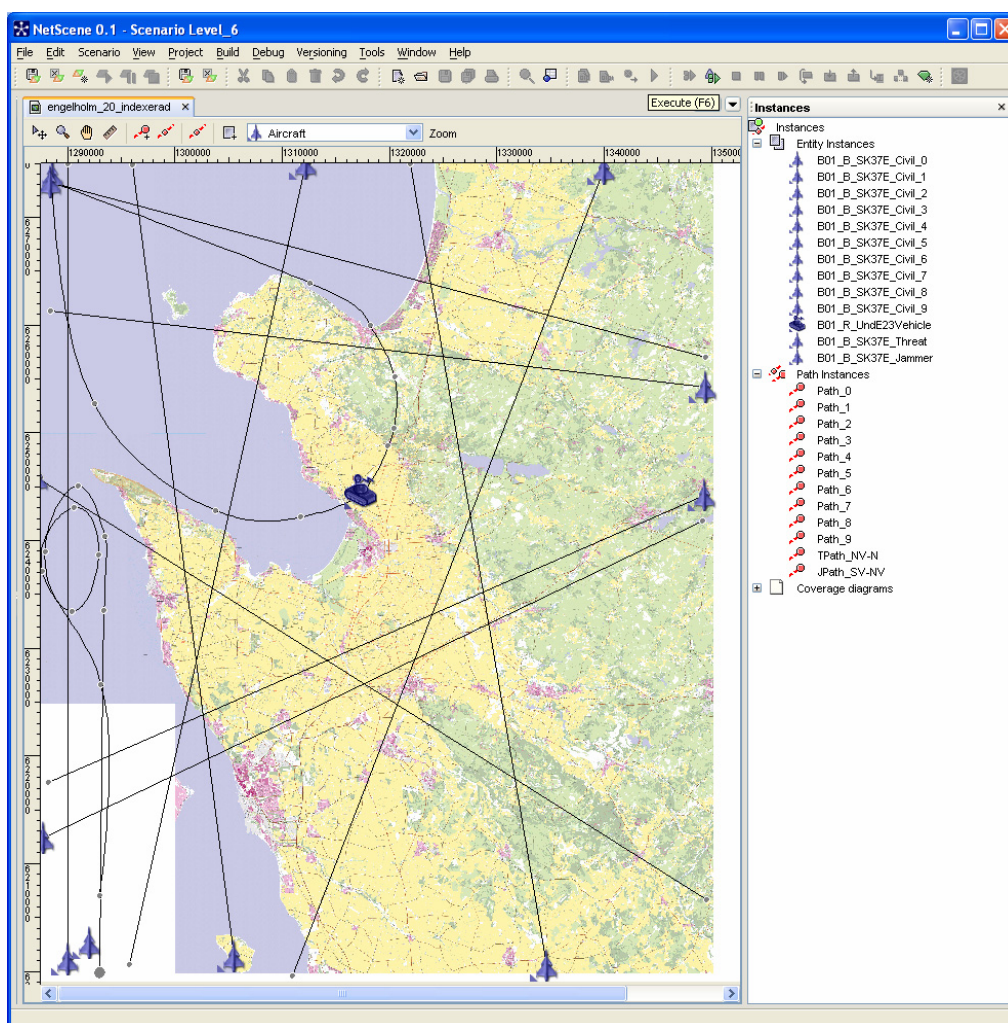
Figur 7 Brusstörbanorna NV-N och SV-NV. Pilen visar flygriktningen. Skärmdumpar från NetScene.

Genom att kombinera de civila flygbanorna med olika kombinationer av hot- och brusstörbanor, skapades 7 testscenarier med ökande komplexitetsgrad, se Tabell 2.

Tabell 1 Testscenarier

Nivå	Hotbanor	Brusstörbanor	Kommentar
1	NV-NV	-	Enkel "rak" inflygning utan brusstörning
2	NV-N	-	Mask (Hallandsåsen)
3	SV-NV	-	Mask (Kullen)
4	NV-N	NV-N	Mask (Hallandsåsen) i brusstråk
5	SV-NV	SV-NV	Mask (Kullen) i brusstråk
6	NV-N	SV-NV	Mask (Hallandsåsen), brusstråk i riktning (Kullen)
7	SV-NV	NV-N	Mask (Kullen), brusstråk i riktning (Hallandsåsen)

Som exempel visar Figur 8 testscenario nivå 6.



Figur 8 Testscenario nivå 6. Skärmdump från NetScene.

3.2 Försökspersoner

För att genomföra testet kontaktades ett antal FOI anställda för att delta som försöksperson. Endast en av försökspersonerna hade ett förflutet som radaroperatör. De andra hade dock en viss kännedom av terrängen genom att ha jobbat med utvecklingen av EWSim, där Ängelholmskartan flitigt har använts. Tabell 2 visar de försökspersoner som användes under testet.

Tabell 2 Försökspersoner (FP)

FP	Kommentar
1	Operatör PS90
2	Utvecklare i EWSim, GUI UndE 23
3	Utvecklare i EWSim
4	Utvecklare i EWSim
5	Utvecklare i EWSim
6	Utvecklare i EWSim
7	Utvecklare i EWSim

3.3 Genomförande

Testet genomfördes genom att försökspersonen fick muntlig initial information samt att de fick testa/se användargränssnittet där en enkel rakbana presenterades, se kapitel 3.3.1. Därefter laddades testscenariot nivå 1 in och försökspersonen fick arbeta för att hitta och invisa hotet. Då hotet kommit innanför inre skjutgräns avslutades testscenariot och nästa scenario, nivå 2, laddades in osv. Varje testscenario tog 4-5 minuter att genomföra. Totalt 7 scenarier presenterades för försökspersonerna och alla fick dem i samma presentationsordning.

Under testscenarierna loggades försökspersonernas interaktioner med radarn, se kapitel 3.3.2. Efter att alla testscenarier arbetats igenom gavs en kort intervju med försökspersonen, se kapitel 3.3.3.

En utvärdering av resultatet av loggningen samt den efterföljande intervjun finns i kapitel 3.4.

3.3.1 Initial information

Innan testen började fick försökspersonerna genomföra ett testscenario. Detta för att de skulle få en viss miljökunskap och kunna testa interaktionsmöjligheter i användargränssnittet. Dessutom gavs muntlig information om omvärlden och om uppgiften som radaroperatör i denna försökssituation.

Uppgiften som försökspersonen hade bestod i att identifiera de objekt som uppträdde hotfullt i presentationen och invisa en eldenhet till dessa så tidigt som möjligt. I radargränssnittet fanns definierat inre och yttre skjutgräns, mellan vilka hot fick in visas.

Ett okänt antal hotflygplan flög på låg höjd vilket kunde innebära att de delvis doldes av terrängen. Hoten kunde också ändra kurs dvs. de behövde inte flyga på rakbana. Sådana kursändringar kunde ske när som helst under presentationen, alltså även när hotet befann sig utanför den yttre skjutgränsen.

I samtliga testscenarier fanns också ett antal civila flygplan som flög på hög höjd och hela tiden i rakbana som alltid gick utanför den inre skjutgränsen.

I scenariot kunde det även finnas störflygplan som utförde bakgrundsbrusstörning.

3.3.2 Loggning

För att få en uppfattning om hur operatören agerar i de olika scenarierna med varierande komplexitet loggades ett antal parametrar.

Då ett mål invisades av försökspersonen loggades tidpunkt, avstånd till invisat mål, typ av invisat mål, antal mål i testscenariot samt eventuella aktiva störformer.

Även muspekarens position loggades under presentationen. Tanken var att det eventuellt skulle kunna gå att få en uppfattning om var försökspersonen hade sin uppmärksamhet riktad genom antagandet att operatören skulle ha fokus där personen håller muspekaren. Genom att logga muspositionen skulle man då kunna rekonstruera hur operatören flyttade fokus mellan olika objekt i scenariot. Detta skulle kunna vara möjligt att använda vid utvärderingen av vissa av försökspersonernas beteende, där musen/muspekaren ibland används för att hjälpa till att "hålla koll på" ett eventuellt hot. Hos andra försökspersoner i förstudien användes däremot inte denna möjlighet alls. Musen användes då först när den slutliga invisningen skulle göras. I vad mån det i en kommande studie skulle kunna vara möjligt att använda sig av en sådan loggning kan vara beroende av vilka rutiner en van radaroperatör har i en verklig situation och om dessa kan knytas till någon form av följningsmönster.

I utvärderingen av denna studie användes endast invisningsavstånden till hotobjekten samt antalet civila mål (icke hot) som försökspersonerna invisade eldenheten till.

3.3.3 Intervju

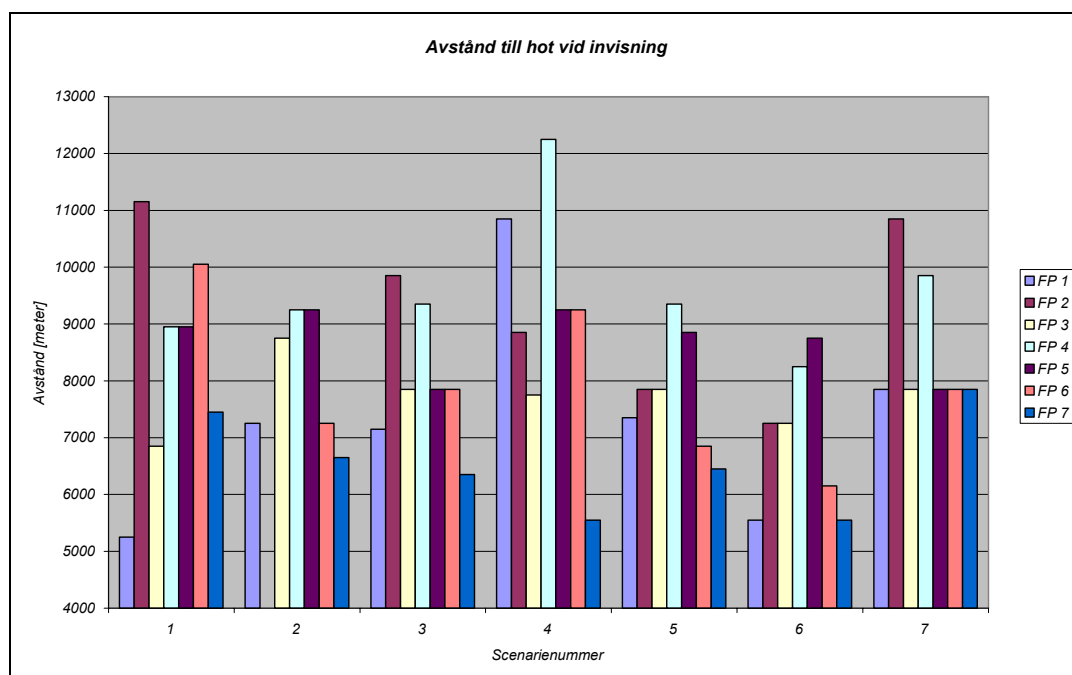
Efter försöken genomfördes en kort intervju i syfte att ta fram hur försökspersonen upplevde de olika testscenarierna. Frågorna som ställdes var:

- Kände du igen mönstret hos de civila målen som repeterades för varje nivå?
- Vad tog du hotet på? Vad fick dig att bestämma dig?
- Upplevde du några inlärningseffekter? Blev uppgiften lättare efter hand?
- Tror du att tidigare erfarenheter, under experimentet eller tidigare, påverkade din prestation?

En värdering av intervjuerna finns i 3.4 och en sammanfattning av vad försökspersonerna svarade hittas i bilagan i slutet av rapporten.

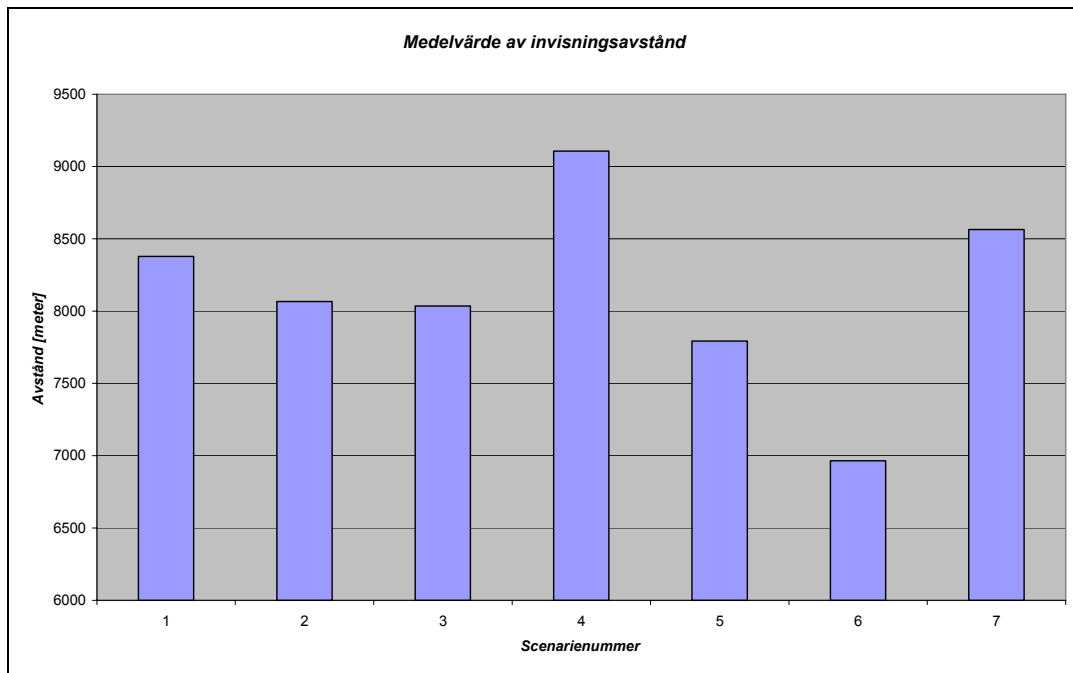
3.4 Resultat

En sammanställning av de loggade invisningsavstånden gjordes. Figur 9 visar invisningsavståndet som funktion av försöksperson och testscenario. Invisningsavstånd saknas i loggen för försöksperson 2 i testscenario 2. Observationer under försöken visade att försökspersonen detekterade hotet utanför den inre skjutgränsen, men undlät att göra en invisning på grund av att han trodde sig tidigare ha invisat det aktuella hotet. I övrigt lyckades alla försökspersoner att finna hotet utanför den inre skjutgränsen (5 km).



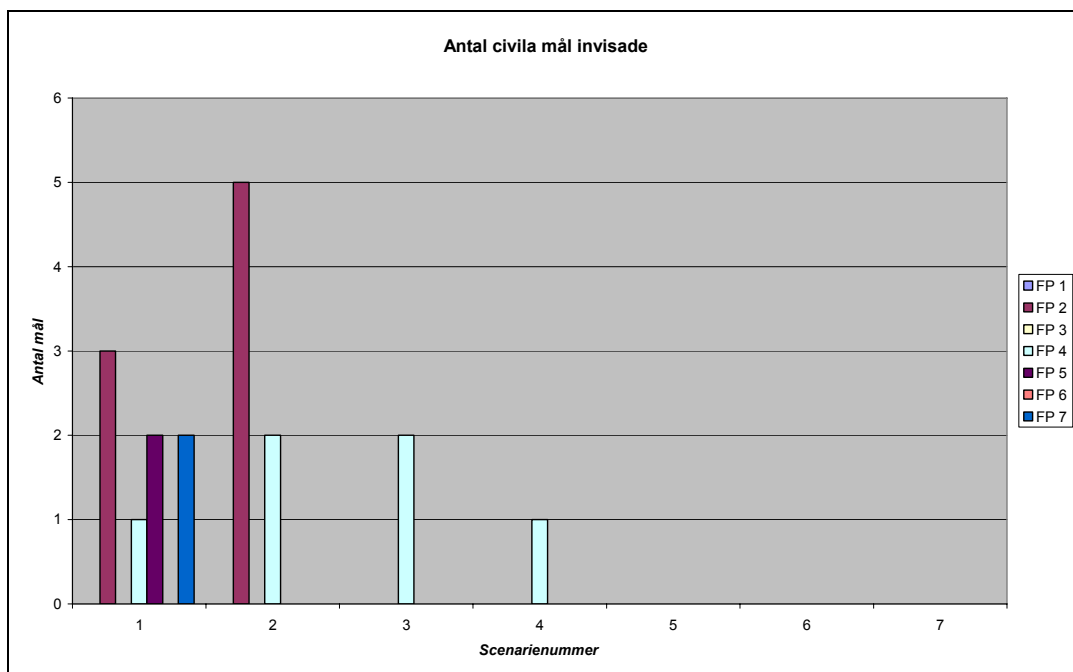
Figur 9 Avstånd till hot vid invisning för försökspersonerna i de olika scenarierna. Högre staplar bättre.

Figur 10 visar medelavståndet till hot vid invisning för alla försökspersoner i de olika scenarierna. I scenario 2 saknas loggvärde för försöksperson 2 varför medelvärdet har beräknats på de övriga försökspersonernas resultat.



Figur 10 Medelvärde av avstånd till hot vid invisning i de olika scenarierna. Högre staplar bättre. Resultatet visar på möjligheterna att utnyttja EWSim som ett planeringsverktyg för att planera, utvärdera och utveckla tekniskt/taktiskt uppträdande.

Figur 11 visar antal civila mål som har invisats som funktion av försöksperson och scenario.



Figur 11 Antalet civila mål som invisades av försökspersonerna i de olika scenarierna. Inga eller korta staplar bättre.

Utgående från dessa resultat, observationer under försöken och från den efterföljande intervjun har ett antal värderingar gjorts. Värderingarna har sorterats i testscenariernas, försökspersonernas, radargränssnittets och genomförandets påverkan på resultatet.

Några absoluta och långtgående analyser av störningens påverkan på operatörernas resultat är svårt att ge med det begränsade försöksunderlaget. Fokus har varit på att testa testmetodiken.

3.4.1 Testscenariernas påverkan på resultatet

Vad man kan se från resultaten, främst i Figur 10, är att medelvärdet av avståndet till hot vid invisning varierar mycket mellan de olika scenarierna. Det visar tydligt att scenariernas uppbyggnad har stor betydelse för invisningsavståndet, något som illustrerar möjligheterna att utnyttja EWSim som ett planeringsverktyg för att planera, utvärdera och utveckla tekniskt/taktiskt uppträdande.

En upptäckt som gjordes under försöken var att i de testscenarier (3, 5 och 7) där hotbanan SV-NV användes (se Figur 6) närmade sig de förvillande civila målen den yttre skjutgränsen då hotflygplanet dök upp i skjutområdet. Dvs. hotet dök hotfullt upp i ett ”rent” område och var enkelt att identifiera av operatören som hotfullt. Förekomsten av civila mål bör anpassas till att spegla verkliga situationer för radaroperatören i framtida försök.

Flygplanen i det civila flygplansmönstret flög på rakbanor utan att någonsin korsade den inre skjutgränsen. Flygplanen kunde dock ha gått närmare den inre skjutgränsen.

Ur intervjun framkom att en av försökspersonerna (försöksperson 6) uppfattat att det civila flygplansmönstret upprepades i varje testscenario, se Figur 5. Med ett vidareutvecklat radaranvändargränssnitt med plottning av målspår kommer en större variation och fler civila flygplansmönster att vara nödvändigt för att undvika sådana observationer.

I testscenario 4 var koordinationen mellan hotflygplanet och brusstöraren mycket bra. Hotflygplanet flög in mot radarstationen skyddad (innan genombrott) i brusstråket. Försökspersonerna var uppenbart koncentrerade till att upptäcka hot i brusstörningen. Trots detta gav den lyckade hot/brus-koordinationen de största variationerna av invisningsavstånd, se Figur 9. I testscenario 5 var däremot koordinationen sämre vilket kraftigt minskade variationerna av invisningsavståndet. Samtidigt uppträdde hotflygplanet i en tämligen ”ren” miljö utan förvillande civila mål, se första stycket i detta kapitel. I testscenarier där bakgrundstörning kombineras med attackanfallet måste störningsbanan och anfallsbanan noggrant koordineras.

I testscenario 6 lurades de flesta operatörerna av att hotet kom från en annan riktning än brusstörningen. Detta scenario var det som gav de kortaste invisningsavstånden, se Figur 10. Jämför man testscenario 6 med testscenario 2 (samma flygbana men utan störning) ser man att den förvillande brusstörningen i genomsnitt har resulterat med 1 km kortare invisningsavstånd. Att säkerställa detta resultat är dock svårt då operatörerna var tämligen otränade då testscenario 2 genomfördes. Orsaken till denna minskning av invisningsavståndet kan också vara en effekt av inlärning från testscenario 4 och 5, ”hotet ska ju komma i bruset, som i de tidigare scenarierna!”. Inlärningseffekter är främst kopplade till hur försöken genomfördes vilket behandlas i kapitel 3.4.4.

3.4.2 Försökspersonernas påverkan på resultatet

Antalet försökspersoner får anses vara tillräckligt för denna typ av förstudie. Avsikten med studien var att samla erfarenhet inför senare datainsamling – experiment, där huvudsyftet blir att få större klarhet i hur en radaroperatör fungerar i olika situationer.

Genom att ha med en försöksperson med radarvana fick vi möjlighet att i någon mån få synpunkter på i vad mån våra testscenarier var rimliga och speglade någon form av realism.

Att sedan huvudparten av försökspersonerna inte hade någon direkt radarvana anser vi inte hade någon negativ inverkan i denna förstudie, där främst scenario och testmetodik var det som var av primärt intresse. I det fortsatta arbetet kommer vi emellertid att använda oss av personer som har vana av att arbeta som radaroperatörer för att kunna studera hur de utför sina arbetsuppgifter.

3.4.3 Gränssnittets påverkan på resultatet

Något man kan se i resultatet är att avståndet till hotet vid invisning har varit helt lika mellan olika scenarier och även olika försökspersoner. Detta är egentligen inget anmärkningsvärt. I själva verket har det att göra med funktionen i en radar. Radarn har nämligen upplösningselement i vinkel och avstånd, vilket gör att målkoordinater endast kan få vissa diskreta värden i vinkel och avstånd.

Vid samtal med försökspersonerna var det många som tyckte att man som operatör hade väldigt små möjligheter att jobba med radarn. I detta tidiga test fanns egentligen endast möjligheten att som operatör försöka visuellt bedöma vilka mål som åker på rakkana och vilka som gör någon form av manöver. Detta gör att testet inte så mycket visar hur en radaroperatör arbetar med sin radar, utan snarare operatörens förmåga att hålla reda på ett antal mål och deras banor i huvudet. Därför vill man åtminstone kunna klassificera mål och sedan också välja att låta radarn följa vissa mål. Utifrån detta finns det en hel del funktioner som bör läggas till i radarmodellen. I fortsatt arbete bör man börja med att analysera vilka funktioner som är intressanta att ha med för en radaroperatör och därefter börja med vidareutvecklingen av radarmodellen. En sådan analys bör ske i samverkan med personal som känner radarmiljön väl och är vana att arbeta med radarn.

Då man i framtiden genomför nya tester med en utbyggd radarmodell som innehåller mer funktionalitet kommer operatörens uppgift att ändras. Uppgiften kan då bli att utnyttja radarns funktioner till att klassificera mål och även skydda sig mot olika störformer för att på så sätt lättare kunna registrera nya mål. Till skillnad mot detta initiala test slipper då operatören att komma ihåg alla mål i huvudet, något som troligen kommer att ge en bättre bild av en operatör i samverkan med radarn istället för operatörens enskilda färdigheter.

3.4.4 Genomförandets påverkan på resultatet

Som ses i Figur 11 ökade försökspersonernas säkerhet i invisningen med antalet genomförda scenarier. Eftersom presentationsordningen av scenarierna var densamma för samtliga försökspersoner har vi inte beaktat inlärningseffekterna i den här studien. Detta kan ske genom att i ett kommande försök låta försökspersonerna bekanta sig med situationen i ett antal testkörningar och sedan presentera scenarierna för försökspersonerna i en ordning som gör att inlärningseffekterna blir möjliga att balansera ut. Som ses i 3.4.2 är antalet försökspersoner i denna studie tillräckligt. För att få fram resultat som kan användas till att konstruera en operatörsmodell i framtiden behövs studier med ett betydligt större antal försökspersoner. Dessutom behövs ett större antal scenarier som också utformas att efterlikna verkliga situationer och miljöer en radaroperatör kan tänkas utsättas för. Den försökssituation som vi börjat bygga upp i och med denna studie bör också kompletteras på datainsamlingsidan. Detta kan ske genom att man utökar loggningen men även att den kompletteras med till exempel ”tänka högt”-metodik eller fler intervjufrågor under experimentets gång.

4 Sammanfattning

4.1 Slutsatser

Resultaten från testerna visar att EWSim kan fungera som verktyg för att planera, utvärdera och utveckla tekniskt/taktiskt uppträdande.

Framtida testscenarier bör utformas så att en konstant densitet av förvillande civila mål uppnås i alla scenarier. Man bör anpassa civila flygbanor så att de speglar verkliga situationer för radaroperatören. Det är nödvändigt att man noggrant koordinerar brusstörbanor och anfallsbanor så att de verkligen samverkar.

För att testerna ska ge den information man verkligen söker, dvs. information om hur en radaroperatör arbetar med radarn krävs att radarmodellen och användargränssnittet utvecklas ytterligare till att innehålla mer funktionalitet. Dessutom ska fler störformer, som till exempel DRFM-störning användas. För att få bästa möjliga resultat bör vidareutvecklingen initialt ske i samarbete med vana radaroperatörer så att funktionaliteten anpassas efter de operativa systemen och radaroperatörens behov.

Den information som gavs till försökspersonerna i denna förstudie kommer således att kompletteras på ett flertal punkter vid ett framtida experiment. Likaså kommer försökspersonerna att få möjlighet att bekanta sig mer med försökssituationen. Detta genom ett antal förförsök där de olika hotsituationerna presenteras och där även eventuella inlärningseffekter kan tas om hand. Insamlingen av information från kommande försök kommer utökas för att skapa en bättre bild av hur operatören arbetar.

4.2 Förslag på fortsatt arbete

Detta inledande test med loggning av beteendet hos en radaroperatör i störd miljö har väckt tankar och idéer för fortsatt arbete. Själva loggningen av hur operatören beter sig måste utökas. I och med att operatören får fler möjligheter att interagera med användargränssnittet blir det naturligt att loggningen utökas för att registrera vad för åtgärder som vidtas vid till exempel olika former av störning.

Att genomföra tester och intervjuer med vana radaroperatörer ger en korrektare bild av hur en radaroperatör arbetar än om man som i detta test utnyttjar försökspersoner utan någon radarvana alls. Något som också bidrar till utvecklingen är att delta på övningar och betrakta hur radaroperatörer beter sig i sitt arbete. Detta har redan gjorts i samarbete med Lv6 i Halmstad och kommer också att fortsätta. På så sätt får man en utökad bild av hur operatören reagerar vid störning.

En tanke som har dykt upp är att man modellerar en "ideal" operatör utifrån reglementet, dvs. en ideal operatör är en som till punkt och pricka följer reglementet. Sedan utnyttjar man olika faktorer som kan påverka operatören att avvika från det perfekta beteendet som till exempel stress, trötthet, rädsla, påverkan av störning eller scenariots komplexitet (terräng, fientlig taktik, antal mål etc.). Vad man behöver göra då är att utvärdera vilka faktorer som är viktiga i modelleringen och även ta fram i vilken mängd olika former av störning ger påverkan på operatören. Arbete har tidigare gjorts då det gäller mänskligt beteende och faktorer som påverkar detta, se [3]. Det som behöver utredas är hur man, om nödvändigt, specialiserar detta mot en radaroperatör i störd miljö.

5 Tack till

Vi sänder ett stort tack till Lars-Erik Lindberg och Per Gerdle på Lv6 för underlag till utvecklingen av radaranvändargränssnittet som användes under försöken, samt ett tack till Sebastian Olsson för utveckling av användargränssnittet. Vi tackar även de försökspersoner som villigt och förtjänstfullt genomförde försöken.

6 Referenser

- 1 Lars Tydén et al.
Lägesrapport. Duellsimulering med nätverksbaserade sensor- och telekrigfunktioner.
FOI Memo 1085, 2004
- 2 Peter Klum, Åsa Andersson
GENPOD
Metodrapport FOI-R--1414--SE, 2004
- 3 Sten-Åke Nilsson et al.
Datorgenererade styrkor med mänskligt beteende
Användarrapport FOI-R--1489--SE, 2004

Bilaga: Intervju

Kände du igen mönstret hos de civila målen som repeterades för varje nivå?

1	Nej
2	Nej
3	Nej
4	Nej
5	Nej
6	Ja
7	Nej

Vad tog du hotet på? Vad fick dig att bestämma dig?

1	Kurs in mot inre skjutgräns. Vetskapen om att mål kommer ökar prestationsförmågan.
2	Dök upp ur maskering.
3	Kurs in mot inre skjutgräns och avstånd till radar
4	Sådana som dök upp. I början nyttjades kursen.
5	Följde stroben och tog de som närmade sig inre skjutgräns.
6	Höll koll på mål som hade rak kurs och koncentrerade sig på mål som dyker upp nära radarn.
7	Närhet till inre skjutgräns. På slutet sådana som ploppade upp.

Upplövde du några inlärningseffekter? Blev uppgiften lättare efter hand?

1	Inlärningseffekt från nivå 6 till nivå 7 (brusstörning i annan riktning än hotriktningen).
2	Initial upplärning (hur hoten betedde sig). Inlärningseffekt från nivå 6 till nivå 7.
3	Beteende hos hotet nära inre skjutgräns. Det blir lurigare och lurigare (stegrande komplexitet).
4	Koncentration till uppdykande (det är dom som är hoten).
5	Metoden att följa stroben kom under sista 3-4 scenarierna. Lärde sig att det rörde sig om ett mål.
6	Lärde sig urskilja rakbanor och lärde sig det civila mönstret. Inlärningseffekt från nivå 6 till nivå 7
7	Lärde sig urskilja civila då de åkte så långt från inre skjutgräns. Kan ta det lugnt i de första 2-3 minuterna. Inlärningseffekt från nivå 6 till nivå 7.

Tror du att tidigare erfarenheter, under experimentet eller tidigare, påverkade din prestation?

1	Ja, kan hålla flera mål samtidigt i huvudet
2	Kommer från Ängelholm och känner terrängen vilket gör att koncentrationen görs till troliga inflygningsriktningar.
3	Har tittat på applikationen tidigare som kan ha påverkat något.
4	Känner terrängen.
5	Nej
6	Nej
7	Nej