

FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. 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.

Gustaf Olsson

VMS, långsiktig teknikutveckling och forskning

Några tankar och idéer

Titel	VMS, långsiktig teknikutveckling och forskning - Några tankar och idéer
Title	DAS, technique and research - Ideas and reflections
Rapportnr/Report no	FOI-R--3073--SE
Rapporttyp Report Type	Underlagsrapport
Sidor/Pages	22 p
Månad/Month	December/December
Utgivningsår/Year	2010
ISSN	ISSN 1650-1942
Kund/Customer	FM
Projektnr/Project no	E53060
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

Denna rapport utges inom ramen för projekt ”Framtida behov inom VMS”, inom FoT-område Telekrig, som bland annat studerar utformning av framtida VMS (Varnar- och Motverkanssystem). Syftet med rapporten är att belysa några tankar och idéer över hur behov inom forskning kopplat till den mer långsiktiga teknikutvecklingen (ca 2030) och framtida telekrig kan omhändertas. Rapporten pekar på trender som är intressanta och kan få betydelse.

I ett avsnitt om bibliotekshantering inom framtida telekrigssystem och VMS diskuteras förslag till forskning. En övergripande frågeställning är om det är möjligt att utforma generella bibliotek med gemensam struktur oavsett typ av sensor eller varnare. Vad är i så fall möjligheterna och vilka är begränsningarna? Detta är grundläggande frågor som inledningsvis måste studeras och besvaras.

För att studera intressanta teknikutvecklingar är det väsentligt med goda kontakter med universitet och högskolor speciellt inom tekniska och naturvetenskapliga områden som behandlar bastekniker såsom optik, elektrooptik, laser, μ -vågsteknik, men det är även av vikt med kontakter inom andra angränsande discipliner såsom systemvetenskap, datalogi etc. Publicering av vetenskapliga artiklar öppnar möjlighet till samverkan med forskningsvärlden. Allt detta kräver dock en bred vetenskaplig kompetens på FOI. För att förstå och inrikta tankar och idéer mot FM:s behov och framtida målbild måste FOI samtidigt besitta en bred förståelse även för dessa behov.

Rapporten kan förhoppningsvis bidra något till framtida forskningsinriktning inom FoT Telekrig men kanske även inom andra närliggande FoT-områden.

Nyckelord: Telekrig, tekniker, hotbibliotek, VMS

Summary

This report is published within the FOI project “Future demands in Defensive Aid Suit”, research area Electronic Warfare. The objective of the report is to focus on some ideas and reflections of how the need for research in electronic warfare linked to the long term progresses in technology (approx 2030) can be taken care of. The report focuses on trends that might be of interest.

A section of the report discusses library for future Defensive Aid Suit (DAS) and give a proposal for further research. Can the design and structure of a library be made general whatever type of sensor or warning system? What are the possibilities and what are the limitations? To begin with these are some basic tasks that must be studied.

In the study of interesting progress in technology, good contacts with universities are essential, especially in the area of electro -optics, laser, micro wave but also disciplines that are close such as computer science.

Writing and publishing research articles open up for interaction and cooperation with the scientifically society. However this requires that FOI has a broad scientifically competence in combination with focusing ideas and minds towards the Swedish armed Forces and there objectives.

Hopefully, this report can contribute to the future research not only in Electronic Warfare but also in other closely related research areas.

Keywords: Electronic Warfare, Techniques, Threat Library, Defensive Aid Suite

Innehållsförteckning

1	Inledning	7
2	Bakgrund	8
3	Drivkrafter för forskning inom telekrig	9
4	Framtida behov	10
5	Nya tekniker	12
5.1	Terahertz.....	12
5.2	Elektrooptik, passiva system.....	12
5.3	Laser	13
5.4	Radar	14
5.5	Mikrovågsteknik	14
5.6	Kommunikation	15
5.7	Samverkande sensorer	15
6	Bibliotek	16
6.1	Allmänt	16
6.2	Forskningsbehov.....	17
6.2.1	Biblioteks utformning.....	17
6.2.2	Biblioteksstruktur.....	18
7	Diskussion	20
8	Referenser	22

1 Inledning

Projekt ”Framtida behov inom VMS”, inom FoT-område Telekrig, studerar bland annat utformning av Varnar- och Motverkans System (VMS) vid tidpunkt ca 2020. Där finns en övergripande frågeställning över hur nya tekniker kan realiseras och utnyttjas ur ett VMS-perspektiv för plattformar och förband. Projektet startade 2009 och har slutår 2011.

Målsättning för projektet är att bidra till att bygga upp den kompetens som krävs för att utveckla FM förmågor inom VMS-området. Detta sker genom en kontinuerlig dialog med sakansvariga och slutanvändare samt genom att föreslå metod- och systemlösningar som kan stödja taktikutvecklingen.

Projektets syfte är att skapa insikt och ökad förståelse för hur VMS kan bidra till att plattformar och förband kan fullfölja uppdrag med hög skyddsnivå. Projektet ska även beskriva konsekvenser av ofullständiga VMS-funktioner hos förband fokuserade på såväl internationella som nationella insatser.

Syftet med denna rapport är att belysa några tankar och idéer över hur behov inom forskning kopplat till den mer långsiktiga teknikutvecklingen (ca 2030) och framtida telekrig kan omhändertas. Rapportens avsikt är inte att ge svar på hur den framtida forskningen inom telekrig bör eller ska inriktas. Rapporten pekar endast på trender som kan få betydelse. I ett avsnitt om bibliotekshantering inom framtida telekrigssystem och VMS diskuteras dock förslag till forskning. Behov av forskning inom området identifiering och igenkänning som tas upp som en övergripande fråga utan att lämna några förslag. Rapporten kan förhoppningsvis bidra något till framtida forskningsinriktning inom FoT Telekrig men kanske även inom andra närliggande FoT-områden.

Arbetet bakom denna rapport har bestått av ett antal möten där olika aspekter på framtida behov inom telekrig och teknikutvecklingen har diskuterats. I diskussionerna har experter och specialister inom FOI deltagit, representerande ett antal teknikområden såsom telekrig, elektrooptik, laser, radar, mikrovågsteknik, kommunikation samt signalspaning och störning.

För att kunna diskutera teknikutveckling och trender krävs ett längre tidsperspektiv än det som är satt i projektet (2020). Detta längre tidsperspektiv sätts lämpligen till ca 2030 och är det som ligger till grund för rapporten. Ur den aspekten är det i princip utvecklingen av dagens forskningsresultat påvisade i laboratoriemiljö, som är utgångspunkt och genomgående diskuteras i rapporten.

Rapporten grundas även på några av de frågeställningar som uppkommit inom projektets pågående arbete med generiskt VMS.

När det gäller det framtida behovet och möjligheterna inom telekriget är det inte endast den tekniska utvecklingen som är styrande utan även möjligheterna hur olika tekniker kan utnyttjas var för sig eller i form av system. Möjlighet till samverkan mellan olika plattformar och taktiskt/stridstekniskt uppträdande är faktorer som bör beaktas.

Rapporten upplägg är följande: Efter inledning och bakgrund beskrivs drivkrafter för forskning inom telekrig. Därefter följer ett kapitel som mycket kort beskriver några systemmässiga generella framtida krav på telekrig samt dess behov av samverkan med andra system t.ex. ledningssystem. Rapportens teknikavsnitt som följer inleds med en diskussion om ett intressant och i telekrigssammanhang nytt framtida våglängdsområde, Terahertz (THz). Därefter följer en beskrivning av teknikutveckling områdesvis, elektrooptik, laser, radar, mikrovågsteknik och kommunikation.

Bibliotek för att klassificera eller identifiera typ av upptäckt hot är en viktig del i telekrigssystem. Om detta ska ske snabbt eller säkert är ofta beroende på tillämpning. Avsnittet beskriver lite översiktligt bibliotek och diskuterar framtida forskningsbehov. Rapporten avslutas med en diskussion och referenslista.

2 Bakgrund

En viktig del inom telekriget är VMS som plattformsskydd. Den klassiska bilden av VMS är ett system som är avsett för en plattforms egenskydd. I första hand skall det möta och avvärja hot som helt plötsligt och i vissa fall oförväntat ”dyker” upp. VMS idag är till mycket stor del baserat på telekrig dvs system, funktioner och tekniker. Detta innebär att fysisk bekämpning av en robot enligt denna traditionella definition faller utanför begreppet VMS.

I tidigare VMS-projekt har frågan om VMS på plattformar skulle kunna utnyttjas i ett förbandsperspektiv studerats. Skulle den kunna förändras och förbättras alternativt ges nya möjligheter och uppgifter? Därmed uppstod tankar inom dåvarande projekt ”VMS stridsfordon” huruvida VMS kunde appliceras inom ett nätverk [1]. Idén är att varje enskild plattforms VMS och sensorer mm utnyttjas för förbandets räkning. Detta kan åstadkommas genom att enskilda plattformars VMS knyts ihop via nätverk, varvid sensorsamverkan och motverkan som gagnar förbandet är möjlig att åstadkomma.

VMS-funktionen, betraktad i ett förbandsperspektiv, kräver att synen på VMS vidgas. Från att enbart betraktas som ett system med syfte att ge ökad överlevnad för enskild plattform till ett system som medför ökad överlevnad för förbandet.

Denna syn kan ge VMS en mer offensiv roll vilket också medges om VMS för förband utnyttjas på ett riktigt och genomtänkt sätt. Här kan VMS innefatta motverkan i form av fysisk bekämpning med t.ex. egen stridsvagnskanon eller fartygspjäs.

Ett starkt bidrag till ökad överlevnad på det framtida slagfältet är ett utvecklat och väl anpassat VMS. Det gäller såväl mot en högteknologisk som mot en lågteknologisk motståndare. VMS är då inte längre enbart ett system som reagerar reaktivt dvs efter det att en robot avfyrats mot en plattform. Framtida VMS ska även kunna, om möjligt, reagera proaktivt, dvs vid upptäckt av ett potentiellt hot kunna agera på förhand.

Inom projektet studeras övergripande de framtida behoven av VMS inom insatsförbanden vid tidpunkt 2020. Ett av de uppsatta delmålen är att undersöka realiserbarheten hos ett generiskt VMS för några givna scenarion. Generiskt VMS är tänkt att vara en målbild för VMS uppbyggnad och funktion. Det ska kunna fungera för såväl enskild plattform som ett förband (pluton) genom bland annat samordnade insatser. Idén är att ett generiskt VMS-koncept ska kunna stå som modell för ett framtida försvarsgrens- och plattformsgemensamt VMS.

Genomförda studier visar på stora svårigheter att kunna utnyttja ett delsystem från ett VMS för en typ av plattform till en annan. Främsta orsaker till detta är olika plattformars krav vad avser vikt, utrymme, installation etc. Plattformarna verkar dessutom i olika insatsmiljöer med varierad hotbild avseende såväl våglängdsområde som stridsavstånd. Detta ställer i sin tur olika krav på VMS reaktionstider, sensorers täckningsområde, upplösning och räckvidd samt olika typer av motverkan samt på fungerande kommunikation (tal och data) och kompatibla ledningssystem med en gemensam lägesbild.

Ett förslag till framtida försvarsmaktsgemensamt VMS-koncept bör baseras på en gemensam grundfilosofi och på en modulärt uppbyggd arkitektur med flexibel konfigurering som kan anpassas efter aktuell insatsmiljö (uppdrag, hotbild, atmosfärsförhållanden etc.). VMS kommer att vara en integrerad del i en framtida plattforms kommer och baseras på ett antal samverkande delsystem inte bara med dem som ingår i VMS utan även med plattformens övriga delsystem.

Utveckling av hållbart, modulärt uppbyggt framtida VMS underlättas med kunskap om pågående teknikutveckling. Uppgradering eller komplettering av modulärt uppbyggt VMS ingående delsystem kan sålunda ske med bibehållen integration till övriga delsystem.

3 Drivkrafter för forskning inom telekrig

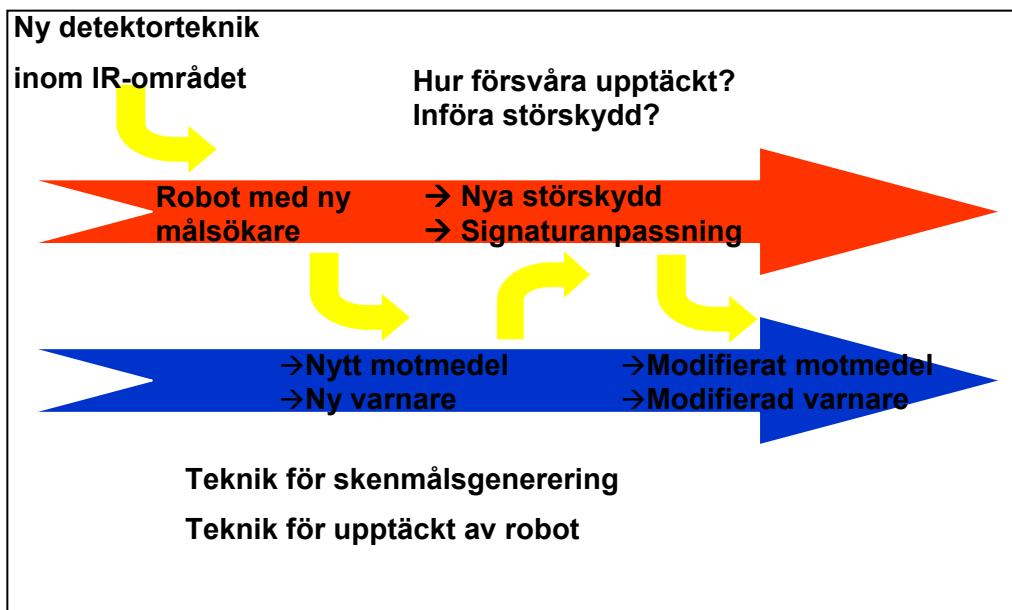
Vad är det som i huvudsak driver forskningen inom telekrig? Är det teknikutvecklingen inom bastekniker som ger nya och förbättrade möjligheter till att verka med telekrig eller är det den tekniska utvecklingen av hotsystem, sensorsystem och störskydd som skapar behov av telekrig? Den klassiska bilden är spiralen där medel skapar motmedel (motverkan) som i sin tur föder motmotmedel (störskydd) osv.

Det första perspektivet, ofta mer långsiktigt, kan anses vara ett ”proaktivt” agerande som styrs ur perspektivet teknikutvecklingen och dess möjligheter för telekriget. Eventuella framtida behov av telekrigssystem baserat på en framtida utveckling av en motståndares medel i form av sensorer, kommunikationssystem och störskydd. Detta betraktelsesätt kan gälla utan att det föreligger ett direkt behov och medför möjlighet att ligga på ”framkant” och ha ”beredskap” för att tidigt kunna möta utvecklingen på medelssidan.

Det andra perspektivet, ofta mer kortsiktigt, agera på ett uppkommet behov att kunna verka emot något givet hotsystem eller i en viss insatsmiljö. Här sker utveckling av telekrigssystem genom ”reaktivt agerande” dvs det är utvecklingen på medelssidan t.ex. en ny radar, som kräver nya typer av eller modifierade motåtgärder som är styrande.

Det är oftast det senare perspektivet som dominerar då tillgängliga resurser är begränsade. Det blir mycket av ”här och nu” som måste omhändertas.

Inriktning av och forskning inom telekrigområdet är beroende av ett stort antal faktorer. För att nå framgång krävs förutom en bred kompetens inom telekrigområdet även ett brett kunnande inom ett relativt stort antal kompetensområden kopplade till bastekniker. Detta kan även indirekt komma till nytta vid medverkan i FM studier, speciellt för att peka på eventuella framtida möjligheter.



Figur 1: Medel föder motmedel. Exemplifierat med ny detektorteknik utnyttjad i robotmålsökare, vilket ställer krav på nytt VMS innefattande ny typ av motmedel samt sensor för upptäckt (varnare). Detta i sin tur genererar krav på störskydd mot motverkan i robotmålsökaren samt signaturanpassning för att försvåra varning. Detta ställer nya krav på VMS som modifieras avseende motmedel och varnare.

Det är även viktigt att kunna ha en holistisk (övergripande) syn på telekrig och dess framtida behov baserat på möjligheterna att utnyttja tekniken. Vem hade kunnat föreställa sig att mobiltelefoner, när de lanserades, skulle utnyttjas för utlösning av IED:er (Improvised Explosive Devices)? Detta område är idag mycket aktuellt med telekrigåtgärder där företag erbjuder störsändare som motåtgärd, t.ex. Electronic Jamming Anti Bomb system [2].

4 Framtida behov

Under arbetet inom FOI-projektet ”Framtida behov inom VMS” har några frågeställningar identifierats. Det är till stor del övergripande komplexa frågeställningar på systemnivå, som i sin förlängning kan ses som framtida forskningsbehov inom eventuellt egna forskningsområden.

Bibliotek

Bibliotek för VMS och telekrigsystem är ett område där behov av forskning har identifierats inom tidigare projekt bland annat VMS internationella insatser. Bibliotek bör forskningsmässigt studeras på en konceptuell övergripande nivå för att på så sätt försöka hitta gemensam struktur och utformning av framtida bibliotek och skapa någon typ av framtida målbild. Förslag hur detta bör utformas diskuteras vidare i kapitel 6.

Vilseledning och störning

Ett delvis nytt framtida forskningsområde är telekrig i form av störning och vilseledning mot sensorsystem som utnyttjar fusion, vilket troligtvis kan komma att kräva studier och utveckling av nya metoder. För att påverka ett system som utnyttjar sensor fusion kan det vara fråga om samordnade telekrigåtgärder inom flera våglängdsområden momentana eller förskjutna i tiden. Telekrigåtgärder över ytan kan även vara aktuella, beroende på det system man vill påverka och syfte. Här behövs både kunskapsuppbyggnad och kartläggning av möjligheter. Denna kunskap torde även komma till nytta vid design och utveckling av robusta sensornätverk med bra störskydd där fusion utnyttjas. I förlängningen är även telekrigåtgärder på datafusionsnivå intressanta. Detta är kanske dock mer en verksamhet som tillhör området CNO (computer network operation).

Gemensam lägesbild

Vid genomförda spel avseende behov av VMS för några förband i några olika scenarion är tillgång till en gemensam lägesbild för de deltagande plattformarna av betydelse. Hur kan detta underlättas och vilka krav kan tänkas ställas i framtiden är en del av relevanta frågeställningar för framtida forskning. Denna fråga är främst knuten till kommunikation och ledning, men med telekrig som en intressent.

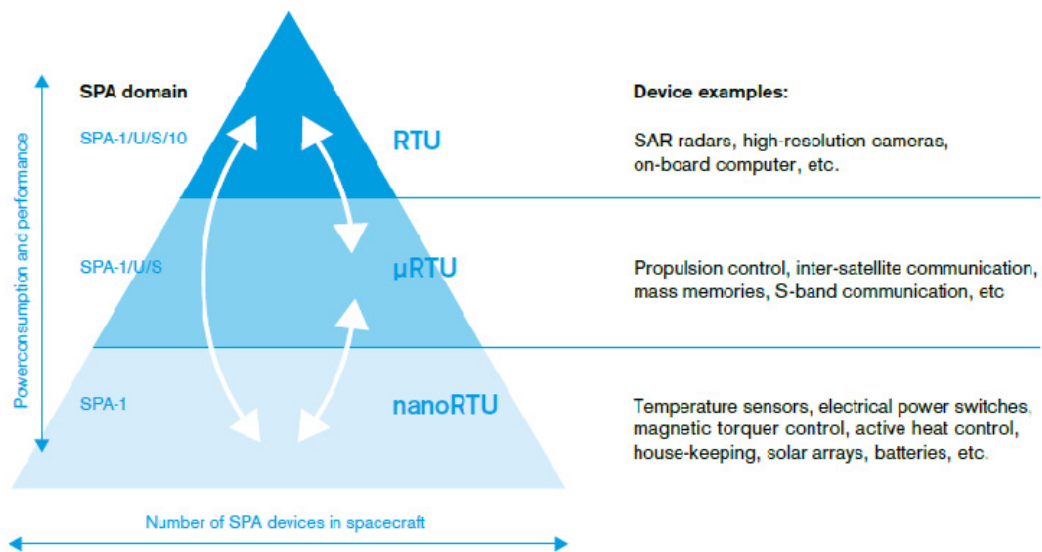
Telekrigsystems integration med ledningssystem

Studier av koncept avseende framtida telekrigsystems integration till ledningssystem kommer att bli av betydelse. Denna fråga ligger dock inte inom telekrigets domäner däremot är telekriget en intressent när det gäller att kunna kommunicera och utnyttja den information som finns i ledningssystemet och hänsyn till detta bör tas vid utveckling av framtida ledningssystem.

Då framtida telekriget kommer att utnyttja fler och fler sensorer inom olika våglängdsområden kommer även telekrigsystem att kunna bidra med information till ledningssystemet inte bara till egna system utan kanske även till samverkande plattformars.

Gränssnitt

Uppbyggnad och design av VMS skulle betydligt förenklas av ett generellt definierat gränssnitt mellan de olika komponenterna t.ex. robotskottvarnare eller remsfällare. Därigenom kan uppdatering och komplettering av VMS betydligt förenklas. Figur 2 nedan visar ett exempel på design med gränssnitt hämtat från rymdindustrin [3] som kanske kan stå som modell.



Figur 2. Exempel på implementation av Plug-and-Play (PnP) på systemnivå hämtat från rymdtekniken Space Plug-and-Play Avionics (SPA). Remote Terminal Unit (RTU) på olika nivåer bildar interface mellan de olika domänerna.

Identifiering och igenkänning

Ett annat ur forskningssynpunkt intressant område är system för IK- (igenkänningsystem) och ID (identifiering). Här finns ett stort forskningsbehov över vilka tekniker som bör och kan utnyttjas samt hur dessa system bör vara uppbyggda till sin struktur och funktion. Systemen ska helst fungera både vid nationella och vid internationella insatser, vid det senare även i koalition eller samverkan med andra nationer. IK och ID frågor torde höra till FoT-område ledning då detta är starkt kopplat till lägesbilden, men även andra områden såsom telekrig har intresse i dessa frågor för att bland annat undvika skador av egna eller förorsaka telekonflikter vid insats med telekrigåtgärder.

5 Nya tekniker

Detta avsnitt beskriver kortfattat områdesvis intressanta tekniker avseende utveckling och trender samt deras tänkbara konsekvenser. De flesta av teknikerna kommer troligtvis att på ett eller annat sätt utnyttjas i telekrigsammanhang efter 2020, vissa kanske tidigare.

Kapitlet inleds med en presentation av ett relativt nytt våglängdsområde, TeraHertz-området (THz) som frekvens- eller våglängdsmässigt ligger mellan μ -våg och optiska området.

I de efterföljande avsnitten ges mycket kortfattat exempel på pågående teknikutveckling inom ett antal olika ämnesområden. De är till del valda efter de experter som har deltagit i diskussionerna och som har en inriktning mot försvarsrelaterade system. Av mycket stor betydelse som inte utvecklas vidare i denna rapport är givetvis utvecklingen inom datorområdet. Snabbare och kraftfullare datorer, FPGA:er, AD/DA-omvandlare etc. öppnar givetvis för nya möjligheter som även kan utnyttjas inom telekrigområdet.

5.1 Terahertz

Utnyttjande av THz-området för militärt ändamål är ännu så länge få men inför framtiden finns förhoppningar om att kunna utnyttja tekniken mer frekvent. Telekrig inom THz-området ligger ganska långt in i framtiden bortom 2020, men det bör ju inte ge anledning att inte följa teknikutvecklingen inom detta område.

Möjligheten att med bredbandig THz radar skapa högupplösta spatiala och spektrala 3D-bilder för att upptäcka och klassificera mål på marken, i luften och i rymden kan finna militära tillämpningar. Detta kräver en tillräcklig uteffekt på THz radar i kombination med högkänsliga detektorer i form av fokalplans-arrayer [4].

THz-området ligger mellan vad som är allmänt känt som de högsta mikrovågsfrekvenserna och de längsta våglängderna i "ljus" i det infraröda området och ligger i gränslandet mellan två etablerade tekniker mikrovåg och optik. Strålkällor inom THz kan därigenom baseras på olika tekniker, laser eller mikrovågsteknik. Som detektor kan en Si-bolometer utnyttjas, men utveckling av en ny detektor baserad på kvantprickar pågår [5].

Värderingen är att göra en bedömning inom vilket tidsperspektiv THz-tekniken kan utgöra ett hot och därmed kräva anpassade telekrigssystem. Utveckling kan komma att kräva sensorer, varnare eller system för upptäckt och eventuell lägesbestämning av THz-radar samt teknik och utrustning för störning i en eller annan form av densamma.

Här kan en blandning av tekniker hämtade från mikrovågsområdet respektive laserområdet komma ifråga. Vilken teknik som är att föredra blir givetvis avhängig av förutom teknikutveckling även kraven på t.ex. bandbredd, dynamik uteffekter mm.

Utvecklingen inom THz-området är spännande och utmanande genom att här kan tekniker (optronik och mikrovåg) som idag är strikt uppdelade knyts samman.

5.2 Elektrooptik, passiva system

Nedan redovisas några exempel på intressanta teknikutvecklingar inom elektrooptik området.

Inom elektrooptiken utvecklas känsligare sensorer där avbildning sker med hjälp av termoelektriskt kylda enfotonsdetektorer. Denna teknik utnyttjar detektorer med hög förstärkning och låg brusnivå. Utvecklingen är starkt kopplad till forskning av nya halvledarmaterial. Känsligare IR-sensorer kan ge t.ex. IR-spanare med längre räckvidder och sensorer som kan ge bättre möjlighet till klassificering och identifiering av objekt (mål).

Kontrasten i bilder förstärks samt möjligheten att kunna generera multispektrala bilder möjliggörs genom utveckling av varierbara filter på pixelnivå. Detta innebär att varje pixel (bildpunkt) kan individuellt åsättas ett filter. Tekniken möjliggör förstärkning av intressanta områden samt vid multispektral teknik selektivt våglängdsval av delområden i en och samma bild. Detta borde i telekrig kunna utnyttjas i nya och förbättrade typer av varnare. Tekniken möjliggör, i våglängd avstämbbara sensorer, vilket innebär att sensorn kan anpassas till den våglängd som för tillfället ger bästa kontrast.

Teorin om att ett material som skulle vara transparent för ljus och uppvisa negativt brytningsindex publicerades för ca 40 år sedan. Ett sådant material, benämnt metamaterial, förutsades besitta en rad intressanta egenskaper. Bland annat skulle det bryta ljus åt ”fel håll”. Dessutom skulle ljusets energiriktning och utbredningsriktning vara motsatta. Metamaterial existerar inte i naturen och material med sådana egenskaper i elektro-optiska området har ännu ej framställts, även om stora framsteg har gjorts [6]. Däremot har metamaterial inom mikrovågsområdet framställts [7].

Metamaterial utnyttjade i telekrig är troligtvis mest intressant för signaturanpassning. Teoretiskt skulle ett objekt kunna döljas i vissa våglängder och i vissa riktningar genom att klä objektet med lämpligt metamaterial. Även inom sensorteknik och detektorer finns ett stort intresse av metamaterial. Utnyttjande av optiska biosensorer för att framställa metamaterial inom elektro-optiska området är en intressant utveckling [8].

Andra material för signaturanpassning och som är mer närliggande i tiden är så kallade fotonkristaller eller fotonbandgapmaterial. Här är det möjligt att skapa material med önskvärda reflektionsegenskaper som är oberoende av infallsvinkeln [9].

5.3 Laser

Laserområdet beskrivs med tanke på ett kommande behov av att utveckla telekrig mot nya typer av laser samt att ge en uppfattning om möjlighet för telekriget att utnyttja laser i framtiden.

Syntetiska aperturer kommer att kunna utnyttjas för stabilisering, strålstyrning, strålförsmörjning och fokusering i elektrooptiska sensorer. Tekniken möjliggör snabb respons på inriktning och strålförsmörjning och kan kombineras med adaptiv optik.

Utveckling av adaptiv optik kommer att innebära möjlighet att kompensera för turbulens och andra inhomogeniteter i atmosfären över tiden. Kommer även att utnyttjas för strålskärpning.

Kombination av laser och smarta elektrooptiska sensorer såsom enfotonsensorer, medger högupplösta multispektrala 3-dimensionella bilder. Detta öppnar för nya möjligheter för upptäckt men främst för klassificering och identifiering. Intressant är 3-d-avbildning genom hyperspektral elektrooptik och 3 d-laser [10].

Nya lasertekniker och material ger avstämbbara lasrar genom tillgång till nya typer av pumpdioder. Utveckling av multivåglängdslaser eller vitljuslaser skapar möjligheter för samtidig störning i flera våglängder, vilket kan vilseleda multispektrala system eller utnyttjas vid aktiv avbildning för att skapa ”färgbilder i mörker”.

Utvecklingen på laserområdet innebär fortsatt utveckling av system såsom DIRCM (Directed Infrared Countermeasure) för att blända eller störa elektrooptiska sensorer inom IR-området alternativt förstöra detektorer beroende på effekt och avstånd.

Genom tillgång till lasrar med varierbar våglängd samt adaptiva system försvåras skydd mot bländlaser inom det elektrooptiska området, vilket kräver vidare insatser avseende skydd mot laser.

Laser med extremt korta pulser, femtosekund (10^{-15} s), kan skapa höga effekttätheter vilket leder till icke-linjära fenomen i atmosfären. En elektriskt ledande kanal kan skapas genom multifotonjonisering. Ett annat fenomen är att kunna skapa plasma som emitterar bredbandig strålning. Vilket skulle kunna utnyttjas för framtida skenmålsgenerering.

Den fortsatt snabba utvecklingen inom laserområdet kommer att medföra ökad användning av laser inom kommunikation för snabb överföring av stora mängder data under förutsättning att fri sikt kan etableras [11].

5.4 Radar

I detta avsnitt följer några exempel på några intressanta teknikutvecklingar inom radarområdet, som är mycket beroende av utvecklingen och möjligheterna inom mikrovågsområdet (avsnitt 5.5).

Att följa och studera utvecklingen inom radarområdet är ur telekrigaspekt intressant när det gäller att finna nya metoder och system för varning och signalspaning samt utveckla lämpliga störmotmetoder mot framtida moderna radarsystem.

En intressant utveckling är spaningsradar inom L-bandet (1- 2 GHz) på flygande plattformar med skrovintegrerade elektriskt styrda antenner i vingframkant.

STAP (Space time adaptive processing) är en signalbehandlingsmetod som utnyttjas främst i radarsystem. Metoden innebär bearbetning av signaler under tiden som insamling av data pågår. Detta ger bättre klotterundertryckning och störålighet, vilket medför t.ex. förbättrad målupptäckt. Signalen från varje delantenn ingående i antensystemet filtreras tvådimensionellt i vinkelled och i tids- eller dopplerled [12].

”Mjukvaru radar” med digitalt genererade vågformer med syftet att försvåra signalspaning och insats av störning. Ger möjligheter att kunna byta ”karaktär” på radar i vilseledande eller döljande syfte, exempelvis en militär spaningsradar ges vågform som en civil navigeringsradar. Motsvarande utveckling finns inom kommunikationsområdet.

LPI-Radar (Low probability of intercept) med olika typer av pulsformer för att minska upptäckt av signalspaningsystem och radarvarnare [13]. Exempel på LPI-radar kan vara FMCW-radar och radarsystem som utnyttjar pulskompression där radarpulsen sänds ut under relativt lång tid. På så sätt hålls den momentana utsända toppeffekten låg. För upptäckt av LPI-radar ställs krav på mycket känsliga signalspaningsystem i kombination med kvalificerade signalbehandlingsmetoder.

Ur telekrigsynpunkt är idag utvecklingen av radar för spaning och i målsökare som utnyttjar nya frekvensområden såsom millimetervågs- och THz-området av visst intresse. Speciellt gäller detta inom millimetervågsområdet (mm) där tekniken börjar tillämpas i militära system, medan intresset i dagsläget vad gäller THz-området ligger relativt långt fram i tiden.

Utvecklingen av nanotekniken t.ex. elektriskt ledande plaster är exempel som kan finna en militär tillämpning inom området smyganpassning. Motmedel i form av radarrensor anpassade för kortare våglängder såsom mm-våg och på sikt kanske även inom THz-området torde kunna realiserars.

5.5 Mikrovågsteknik

Några intressanta teknikutvecklingar inom området mikrovågsteknik redovisas i detta avsnitt. Tillämpningar finns främst inom radarområdet, signalspaning, radarvarnare och kommunikation. I framtiden kan kanske även mikrovågsteknik finna tillämpningar inom elektrooptik och laser.

MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) är en teknologi som generellt kan beskrivas bestående av miniaturiserade mekaniska och elektromekaniska komponenter framställda

genom mikroteknik. Storleken kan variera från någon μ -meter till några millimeter och vara allt från relativt enkla till mycket komplexa elektromekaniska system omfattande flera rörliga delar styrda av integrerad mikroelektronik. Miniaturisering kommer bland annat att innebära minskad effektförbrukning och viktbesparing [14].

En applikation är sk ”transducers” energiomvandlare t.ex. omvandling av en mekanisk signal till elektrisk. Kan utnyttjas förutom som switchar inom RF och millimetervågsområdet även som filter. Tillämpningar kan även finnas inom områdena elektrooptik och laser.

Utvecklingen av metamaterial inom μ -vågsområdet röner stort intresse. Här har ett forskarlag i England och USA praktiskt visat i laboratorium på möjligheten att dölja ett objekt i radarområdet vid 8.5 GHz [7].

Framstegen inom nanotekniken torde generellt sett kunna utnyttjas för miniaturisering av elektronikkomponenter ingående i telekrigsystem för viktbesparing, mindre värmeutveckling, lägre effektbehov etc. Nanorör, en cylinderformad form av grundämnet kol, skapat av ett hoprullat grafenlager har redan skapat nya möjligheter till mikroelektronik som även kan komma telekrig tillgodo. Syntes av nya halvledarmaterial i kombination med nanoteknik för utveckling av komponenter avsedda för högre frekvenser, t.ex. GaN (Galliumnitrid), kan borge för en fortsatt snabb utveckling mot kraftfulla och snabba datorer.

5.6 Kommunikation

Utvecklingen inom kommunikationsområdet ställer nya och förändrade krav på signalspanings- och störsystem. Framstegen inom området är även av intresse ur perspektivet att framtida VMS och telekrigsystem kommer att bygga på samverkande plattformar och system där snabb och säker kommunikation är en viktig del.

Utveckling av mjukvaru radio med adaptiva vågformer, vilket innebär att radions funktioner är definierade i mjukvara. Detta tillåter att radion kan omprogrammeras till önskad radiotyp och att mer komplexa vågformer kan åstadkommas. Ger möjlighet till adaptiv störundertryckning.

Framtida kommunikationssystem (”kognitiv radio”) kan bättre utnyttja tillgängligt frekvensområde genom adaptiv och dynamisk spectrumallokering för att på så sätt momentant utnyttja ledigt frekvensutrymme.

MIMO (Multiple Input Multiple Output) är en teknik för trådlös digital dataöverföring där både sändaren och mottagaren har multipla radio-mottagare. Input och Output refererar alltså till radiokanalen. Varje radiomottagare/sändare i ett MIMO-system är kopplad till en individuell antenn. MIMO kommer bland annat att utnyttjas för framtida höghastighetskommunikation [15].

5.7 Samverkande sensorer

Genom förbättrad teknik och nya signalbehandlingsmetoder ökar möjlighet till specifik emitteridentifiering både inom radar- och kommunikationsområdet. Ytterligare stöd för detta kan samverkan mellan två eller flera distribuerade sensorer ge. Sensorerna kan sitta på olika rörliga plattformar, speciellt av intresse är plattformar bestående av mindre UAV:er, vilket öppnar för nya möjligheter. Samverkande sensorer kan t.ex. vara kombinationen radar – sis. Detta kräver förutom kommunikation även signalbehandling med algoritmer i form av data- och sensor fusion.

Samverkande sensorer för att minska verkan av effekterna från störning kan ses som ett sätt att skapa störskydd. Denna metod är klart intressant och ett pågående FOI-projekt, Nätverksbaserad störundertryckning, har visat på möjligheten. Här finns nya intressanta tillämpningar och möjligheter även för framtiden.

6 Bibliotek

6.1 Allmänt

De flesta varnare ingående i ett VMS har någon typ av bibliotek (även benämnt hotbibliotek) för att kunna klassificera och i vissa fall identifiera ett upptäckt hot. Sensorn i varnaren detekterar signaler och mäter eller extraherar ett antal parametrar som jämförs med de parametrar som finns lagrade för ett antal hotsystem i varnarens bibliotek. Det upptäckta hotet klassificeras utifrån de parametrar som stämmer bäst överens med det som finns i biblioteket. Klassningen åtföljs ofta av ett godhetstal som anger hur väl överensstämmelsen är mellan inmätt hot och bibliotek. Ibland uppstår en osäker eller felaktig bestämning av hotet. Även tvetydigheter eller mångtydigheter kan förekomma. Dessa åsätts då normalt ett lågt godhetstal. Ett bibliotek måste givetvis även innehålla aktuella parametrar för egna system för att kunna klassificera eller identifiera dessa som kända.

Varnare levereras ofta med ett bibliotek som leverantören tillhandahåller. Det innebär att bibliotekets uppbyggnad, struktur, ingående parametrar etc. är på förhand bestämda. Leverantören kan eventuellt tillhandahålla värden på vissa parametrar efter önskemål från köparen, men biblioteket och dess innehåll blir mycket lätt en "svart magisk låda".

Detta innebär normalt att varje nytt varnarsystem som införs i FM har sitt eget bibliotek med sin uppbyggnad och struktur samt tillhörande krav på parametrar. Speciellt om varnaren kommer från en ny leverantör. Underhåll och uppdatering av varnare såsom införande av nya hotsystem i biblioteken kräver då mycket resurser speciellt då ett antal olika typer av varnare samtidigt ska uppdateras.

I framtiden kommer skillnaden mellan varnare och sensor att mer eller mindre suddas ut. Vad som är varnare och vad som är en sensor kommer att bero på användningsområde och utnyttjande. Detta kommer även att medföra att det som idag betraktas som sensorer kommer att kunna förses med någon typ av bibliotek. Som exempel kan framtida bildalstrande IR-kameror förses med bibliotek för att mer eller mindre automatiskt upptäcka och klassificera en viss typ av fordon, med syftet att underlätta för en operatör.

Förutsättningen för att en varnare ska göra en korrekt identifiering är att dess bibliotek är uppdaterat med aktuella hot. Detta är ett mycket omfattande och viktigt arbete. Aktuella signaler kan tas fram på ett antal olika sätt. De kan mätas in och extraheras via t.ex. signalspaning. De kan mätas på laboratorium och de kan bestämmas med lämpliga modeller och simuleringar. Vilken metod som är lämpligast är främst beroende på typ av sensor och tillgång till "verkliga" signaler.

Utvecklingen inom sensorområdet medför att ett större antal parametrar kommer att kunna extraheras och bestämmas hos inkommande signaler. Detta i kombination med utvecklad signalbehandling kommer att ge bättre och säkrare klassificering av upptäckta system. Å andra sidan medför utvecklingen av t.ex. digitalt skapade vågformer att det blir betydligt svårare att upptäcka signaler och att göra en korrekt entydig bestämning.

Ett bibliotek är i grunden inget annat än en mjukvaruorienterad databas som beskriver olika system med ett antal parametrar. Utvecklingen mot att fler och andra parametrar kan extraheras innebär utökad databas. Då flera sensorer kommer att förses med bibliotek uppstår dessutom ett behov av andra typer av databaser innehållande parametrar som beskriver ett objekt i termer anpassade till aktuell sensor.

Varnarsystem innehållande ett flertal olika samverkande sensorer eller varnare kommer att vara en framtida verklighet. Det kan bestå av sensorer som är placerade på samma plattform eller sensorer på olika plattformar. Oavsett vilket så uppstår här ett behov av sensor fusion för att fullt ut kunna utnyttja de olika sensorernas information.

Vid sensor fusion, speciellt sensorer på olika plattformar, uppstår ofta problem med att associera de olika signalerna från respektive sensor. Är det samma objekt som de olika sensorerna mäter in? Felaktig association leder till ”felkopplingar” som påverkar antalet upptäckta objekt som kan uppfattas som fler eller färre än vad som är fallet. Denna problematik är väl känd inom fusionsforskning. Vi ser ett behov av att koppla ihop forskning inom telekrig med lämplig forskning inom data och sensor fusion.

6.2 Forskningsbehov

Bibliotek är en mycket viktig del för ett fungerande och anpassat telekrigssystem eller VMS. Bibliotek, dess uppbyggnad och hantering, kommer ofta i skymundan när VMS diskuteras. I de flesta fall diskuteras mest tekniska prestanda hos varnaren såsom räckvidder, känslighet, reaktionstid mm.

Bibliotek, dess uppbyggnad och struktur samt framtida utnyttjande, är inte bara av intresse för telekrig utan även för andra FoT-områden såsom sensorer över ytan, ledning och samband. Det kan även vara av intresse när det gäller identifiering av olika kemiska substanser såsom sprängämnen och biologiska stridsmedel.

6.2.1 Biblioteks utformning

Inom den civila sektorn används bibliotek för identifiering och klassificering och har så gjort under lång tid. Det är mycket vanligt förekommande vid kemiska analyser t.ex. spektrografiska och kromatografiska metoder.

Det finns ett behov av att försöka samordna och skapa ett projekt för att generellt studera och forska över frågeställningar hur framtida bibliotek knutet till VMS bör utformas till uppbyggnad och struktur. Utgångspunkten bör inledningsvis vara att ur ett forskningsperspektiv studera bibliotek utifrån generella antaganden utan koppling till idag existerande hotbibliotek och system. Uppsatta frågeställningar kan då angripas ur ett nytt och annorlunda perspektiv.

Ett sådant projekt täcker flera FoT-områden och sträcker sig över ett flertal forskningsdiscipliner. Det torde därför behöva vara FoT-områdesöverskridande. Telekrig är endast en av intressenterna men är mycket beroende av framkomna resultat.

En övergripande frågeställning är om det är möjligt att utforma generella bibliotek med gemensam struktur oavsett typ av sensor eller varnare. Är det möjligt? Vad är i så fall möjligheterna och vilka är begränsningarna? Detta är grundläggande frågor som inledningsvis måste studeras och besvaras. Givetvis kommer det att vara olika krav på parameterinnehåll för olika typ av sensor, men försök till att utforma en generell modell till struktur borde vara ett projektmål.

Ett sådant projekt bör även omfatta hur bibliotek bör utformas för framtida varnare t.ex. bildalstrande sensorer samt vilka parametrar som bör utnyttjas för att t.ex. beskriva en robots eller plattformens signatur. Hur ska lämpligen signaturen beskrivas i ett bibliotek då det i många fall är frågan om dynamiska signaturer över tiden? Kan det ske genom att beskriva signaturen i termer av ett antal parametrar? För att kunna utnyttja denna typ av bibliotek oberoende av väder så blir det troligtvis en kombination av parametrar och modellering med aktuella väderparametrar, läge på sol, solinstrålning, etc. för att bestämma eller prediktera aktuell signatur. Kartläggning avseende behov av vilka omvärldsp parametrar som behöver mätas in inför en insats bör också ingå i projektet för att kunna förse biblioteket med initiala data.

För snabb identifiering av upptäckta hot är resultat från forskning avseende snabba, relevanta och robusta algoritmer för sökning och matchning av uppmätta parametrar mot innehåll i biblioteket en viktig del, vilket bör påverka de framtida bibliotekens uppbyggnad. Denna del är mycket beroende på utveckling inom datorområdet och här kan resultat från forskningen inom universitet och högskolor komma att utnyttjas.

Ur forskningssynpunkt vore det enklast om alla typer av bibliotek kan byggas upp efter en och samma struktur. Biblioteks-försörjning med avseende på underhåll och uppgradering och tillägg av nya hotsystem eller att skapa nya bibliotek för insats i ett visst område kan förhoppningsvis avsevärt förenklas och underlättas.

6.2.2 Biblioteksstruktur

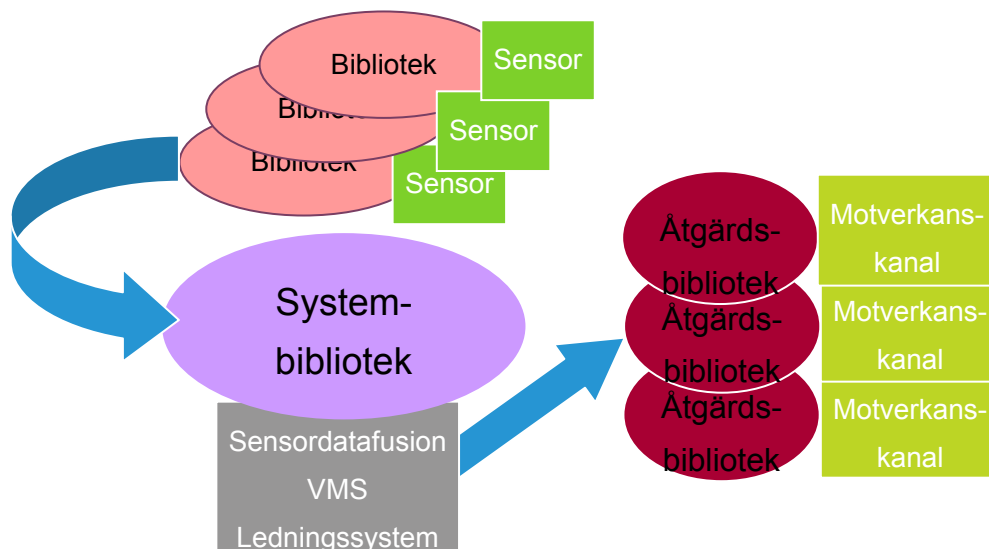
En generell struktur till bibliotek oavsett typ av sensor, om nu det är möjligt, skulle innebära förenklingar och även på sikt reducerade kostnader. Ytterligare fördelar torde vara förenklade och gemensamma verktyg för biblioteksproduktion och test av inmatade parametrar. Det skulle vidare möjliggöra för FM att skapa en målbild gällande framtida bibliotek inom VMS.

Sensorbibliotek

Sett ur ett forskningsperspektiv vore det önskvärt om framtidens varnare förenklat kan bestå av två separerade delar, en hårdvarudel som utgör sensorn med tillhörande processor eller dator och en mjukvarudel som utgörs av biblioteket med tillhörande programvara.

Hårdvaran bestående av sensor med ett väl definierat gränssnitt mot tillhörande processor/dator och specificerade format över vilka parametrar och hur de ska kunna leverera data.

Mjukvarudelen innehåller bland annat bibliotek med tillhörande algoritmer, modeller etc. som utför matchning avseende klassificering och identifiering. Detta skulle innebära ökad flexibilitet med möjlighet att ansluta och utnyttja egen definierade bibliotek till en given sensor. Uppgradering av bibliotek skulle underlättas.



Figur 3. Målbild och modell för ett biblioteksuppbyggnad i ett framtida tänkt VMS. Varje sensor/varnare är försett med ett bibliotek som klassificerar upptäckt hot. Via ett systembibliotek fusioneras uppgifter från flera sensorer för vidare klassificering eller identifiering av upptäckt hot. Systembiblioteket kommunicerar även med plattformens ledningssystem. Via åtgärdsbibliotek aktiveras vald motverkanskanal och utför lämplig åtgärd.

Systembibliotek

Framtida VMS kommer att innehålla samverkande varnare inom olika våglängdsområden. Här finns behov av ett bibliotek på högre nivå i form av ett systembibliotek (även benämnt hotsystembibliotek). Via det fusioneras uppgifter från flera sensorer för vidare klassificering eller identifiering av upptäckt hot på en högre nivå, såsom att en upptäckt radar kopplas till en plattform.

Innehållet i ett systembibliotek är annorlunda jämfört med sensorbibliotek. Det innehåller troligtvis en dynamisk del som är kopplad till aktuell lägesbild innehållande bland annat egna enheters position som uppdateras via plattformens ledningssystem. Systembiblioteket består även av en statisk del innehållande beskrivningar över plattformar och system som kan förekomma i insatsområdet.

VMS måste i detta fall ha en möjlighet att kommunicera med plattformens ledningssystem enligt ett givet gränssnitt. Ett framtida VMS bör integreras med plattformens ledningssystem. I denna symbios utgör systembiblioteket en viktig del. Ledningssystemet är överordnat VMS och eventuella krav på gränssnitt måste sättas utifrån detta.

Åtgärdsbibliotek

En tredje typ av bibliotek som förekommer i ett framtida VMS är åtgärdsbibliotek kopplat till respektive motverkanskanal. Det innehåller ett antal förprogrammerade åtgärder då en motverkan aktiveras, t.ex. hur facklor ska fällas i en given situation. Ett åtgärdsbibliotek kan innehålla en databas med ett antal åtgärder t.ex. fällsekvenser för motmedelsfacklor baserade på riktning till det upptäckta hotet eller en algoritm där åtgärden baseras på någon parameter. Det kan vara val av störsändares uteffekt anpassad till det område som ska störas.

Det som sagts i ovanstående avsnitt kan vara svårt att uppnå, då det förutsätter att olika aktörer såsom leverantörer och tillverkare samt användare anammar det tankesätt som presenterats ovan. Möjligtvis kan utvecklingen inom den civila sektorn tjäna som ledstjärna och vara pådrivande. Jämför med datorutvecklingen med kringutrustning. Idag är det standardiserade gränssnitt där enheter kan anslutas enligt principen ”plug-and-play”.

Ur det ovan sagda bör en förstudie avseende framtida biblioteksutbyggnad genomföras med ett brett deltagande som representerar olika kompetenser då det är ett komplext område och berör många olika discipliner.

7 Diskussion

FOI har en viktig uppgift i att följa försvarindustrins utvecklingen av olika produkter som inom ett 5-10 års perspektiv kommer att ingå operativa system. Denna utveckling baseras bland annat på den forskning, både i form av grundforskning som tillämpad forskning, som kanske påbörjades 5 - 10 år innan. Föreliggande rapport pekar framförallt på behovet av att följa teknikutvecklingen inom några bastekniker i ett längre tidsperspektiv.

Utveckling av framtida telekrig och VMS underlättas med någon typ av målbild uttryckt i vilka förmågor som önskas. Med denna till grund kan bland annat framtida forskningsbehov inom FoT formuleras.

Den framtida forskningen inom telekrig är givetvis mycket beroende på teknikutvecklingen inom ett antal grundläggande bastekniker. Mycket ofta är det civila tillämpningar som är drivande för att därefter eventuellt finna applikationer inom den militära sektorn. Detta kan gälla inom många områden såsom nya sensorer, kommunikation etc. Inom vissa områden kan dock rena militära intressen driva utvecklingen framåt. Det kan t.ex. vara utveckling av material såsom kiselkarbid (SiC) för att generera höga uteffekter till störsändare.

Det är även viktigt att följa teknikutvecklingen för att härur beskriva och peka på behov av utveckling av nya eller behov av modifiering av befintliga telekrigssystem. På samma sätt bör nya tekniker studeras utifrån vilka möjligheter det finns för utnyttjande i telekrigssammanhang. Här är det viktigt att inte bara studera vad teknikerna kan användas eller utnyttjas till i sig utan även studera utnyttjandet i ett bredare perspektiv, hur tekniken kan ingå i ett system?

En del av verksamheten inom telekrig omfattar duellstudier med hjälp av datorsimuleringar. Detta kräver modeller med olika detaljeringsgrad. Genom att följa teknikutvecklingen kan man på så sätt få en uppfattning om vilka behov som kommer att finnas avseende modellutveckling och kanske även vilka dueller eller t.o.m. scenarier som kan bli aktuella att studera i framtiden. Datorsimuleringar är idag viktiga och kommer att bli än viktigare för att bland annat studera framtida behov inom telekrig och VMS.

Nanoteknik kanske kommer att inta en särställning i framtiden inte bara inom telekriget utan generellt sett. Inom nanotekniken möts klassisk fysik och kvantmekanik, vilket för värdering av tillämpningar kan komma att kräva utvidgade teoretiska kunskaper. Detta kan medföra förändrade krav på och utveckling av förfinade och förbättrade modeller för telekrigssimuleringar i studiet av duellen medel och motmedel.

För att studera och hålla sig ajour med intressanta teknikutvecklingar är det väsentligt med goda kontakter med universitet och högskolor speciellt inom tekniska och naturvetenskapliga områden som behandlar bastekniker såsom optik, elektrooptik, laser, μ -vågsteknik, men det är även av vikt med kontakter inom andra angränsande discipliner såsom systemvetenskap, datalogi etc.

Publicering av vetenskapliga artiklar öppnar möjlighet till samverkan med forskningsvärlden. Allt detta kräver dock en bred vetenskaplig kompetens på FOI. För att förstå och inrikta tankar och idéer mot FM:s behov och framtida målbild måste FOI samtidigt besitta en bred förståelse även för dessa behov.

Deltagande i olika konferenser, antingen som deltagare eller som presentatör av en poster eller ett föredrag är en viktig verksamhet för att hålla sig uppdaterad om utvecklingen inom ett teknikområde. Konferenser är dessutom ett utmärkt tillfälle att knyta kontakter och bygga upp nätverk med personer som arbetar med likartade frågeställningar, samtidigt som man får en uppfattning om ens egen forskning insatt i ett större sammanhang. Är den relevant eller ej? Ligger den på rätt nivå etc.? Gör jag rätt "saker"?

Det kan även vara av intresse att då och då besöka konferenser som inte direkt anknyter till just ens eget specialområde utan behandlar något angränsande område. Om inte annat som ett led i kompetensuppbyggnad eller att förvärva kunskaper inom ett nytt område.

Frågeställningar över biblioteks struktur och uppbyggnad visar på ett behov av tvärvetenskaplig forskning över stor bredd. Bibliotek och bibliotekshantering är kanske inte det man först förknippar med teknik och kan därför vara svår att koppla till teknikutvecklingen. Däremot kan ett antal "bastekniker" identifieras som möjliggör dess uppbyggnad och funktion. Främst är utvecklingen av halvledartekniken som ger upphov till snabba och effektiva datorer. Detsamma gäller utveckling av programvara speciellt för uppbyggnad och snabb hantering av databaser samt nya och förbättrade metoder och algoritmer för signalbehandling.

"Värderingsmetodik för basteknikutvecklingens konsekvenser i ett system- och förmågeperspektiv" är ett närliggande FOI-projekt inom FoT strategiska forskningkärnor. Arbetet här syftar till att utveckla och validera generiska metoder för värdering av grundläggande teknikutveckling ur ett system- och förmågeperspektiv. Redovisade metoder från detta projekt kan eventuellt tillämpas inom telekrigområdet.

Utifrån FM behov upprätthålla forskning inom telekrig som är kopplad till långsiktig teknikutveckling behövs följande:

- Förmåga att studera, förstå och analysera teknikutvecklingen
- Forskningen inom telekrig behöver stöd från experter inom olika bastekniker
 - Bibehålla kompetens inom bastekniker
- Kontakter med forskare inom och utom FOI
 - Deltagande i konferenser

8 Referenser

1. FOI-R—1328—SE, september 2004, ”VMS-funktion i nätverk för stridsfordonsförband, några typfall”, Peter Klum m.fl.
2. http://www.sibat.mod.gov.il/NR/rdonlyres/69188D95-484D-49F2-9E66-5EF5CB2A416C/0/sod_elisra.pdf
3. <http://pnp.aacmicrotec.com/index.php/introduction-to-plug-and-play.html> Besökt den 6 december 2010
4. Proc. SPIE 6542, 65421H (2007) “Uncooled nanoscale infrared high-speed sensors for missile seeker applications”
5. Proc. SPIE, Vol. 5411, 187 (2004) “Terahertz emission, detection, and military applications”
6. Negative-index metamaterial at 780 nm wavelength, G. Dolling et al., Opt. Lett. 32, 53 (2007)
7. <http://www.scienceexpress.org> / 19 October 2006, Metamaterial Electromagnetic Cloak at Microwave Frequencies, D. Schurig, J. J. Mock, B. J. Justice, S. A. Cummer, J. B. Pendry, A. F. Starr, D. R. Smith
8. Proc. SPIE, Vol. 6452, 64520M (2007) “Overview of novel integrated optical ring resonator bio/chemical sensors”
9. FOI-R—0942—SE, september 2003, ”Optiska Signaturmaterial: Slutrapport”, Tomas Hallberg m.fl.
10. FOI-R—2325—SE, 2007, ”Samverkande sensorer, Hyperspektral kamera och 3D-laserrad”, Tomas Chevalier
11. FOI-R—0920—SE, juni 2003, ”Kulor av ljus – Översikt av tillämpningar och teknik för laservapen”, Ove Steinvall, Lars Sjöqvist
12. FOI-R—2623—SE, december 2009, ”Flexibla mikrovågssystem – slutrapport”, Andreas Gustafsson, m.fl.
13. FOI-R--2366—SE, december 2007, ”Slutrapport SUPREM, svårupptäckt precisionsmålsökare”, Leif Carlsson, m.fl.
14. <http://www.mems-exchange.org/MEMS/what-is.html>. Besökt 2010-11-16
15. FOI-R--2547—SE, juni 2008, “Peer-to-Peer MIMO channel measurements at 300 MHz in an urban environment”, Gunnar Eriksson, m.fl.