



# RICOM Årsrapport 2014

## Robust Integration av Trådlösa Telekommunikationssystem

BÖRJE ASP, KIA WIKLUNDH, PETER STENUMGAARD,  
PATRIK ELIARDSSON, SARA ÖRN TENGSTRAND, BJÖRN JOHANSSON OCH ERIK AXELL



Börje Asp, Kia Wiklundh, Peter Stenumgaard,  
Patrik Eliardsson, Sara Örn Tengstrand, Björn  
Johansson och Erik Axell

# RICOM Årsrapport 2014

Robust Integration av Trådlösa Telekomunikationssystem

Titel	RICOM Årsrapport 2014
Title	RICOM annual report 2014
Rapportnr/Report no	FOI-R--3968--SE
Månad/Month	December
Utgivningsår/Year	2014
Antal sidor/Pages	18 p
ISSN	1650-1942
Kund/Customer	Försvarsmakten
Forskningsområde	4. Informationssäkerhet och kommunikation
FoT-område	Ledning och MSI
Projektnr/Project no	E36053
Godkänd av/Approved by	Christian Jönsson
Ansvarig avdelning	Informations- och Aerosystem

Detta verk är skyddat enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk. All form av kopiering, översättning eller bearbetning utan medgivande är förbjuden.

This work is protected under the Act on Copyright in Literary and Artistic Works (SFS 1960:729). Any form of reproduction, translation or modification without permission is prohibited.

## Sammanfattning

Projektet RICOM (Robust Integration av Trådlösa Telekommunikationssystem) skall främst studera förbättrade metoder för systemintegration på plattformar. Metoderna skall ta hänsyn till taktiskt uppträdande, kommunikationstjänster, elektromekaniska begränsningar, telekonflikter och telekrigsaspekter. Med robusthet avses tålighet mot exempelvis elektromagnetisk störning, utslagning av infrastrukturen eller förändringar av tillgängligheten för telekommunikation samt förändringar av vågutbredningsförhållanden för radiokommunikation. Denna rapport sammanfattar första årets aktiviteter som genomförts inom det 3-åriga projektet.

Projektet har prioriterat såväl vetenskaplig publicering som kontinuerlig samverkan med kundrepresentanter. Under 2014 har projektet via intervjuer och erfarenhetsrapporter hittat flera konkreta exempel som kan användas för det fortsatta arbetet med att identifiera orsaker till ökad risk för egenstörningar och bristande samfunktionsegenskaper. Vidare har en studie av åtgärder för ökad robusthet på Satkom och studier för optimalt utnyttjande av tillgängligt frekvensspektrum på HF.

Viktiga slutsatser från arbetet under 2014 är bland annat att:

- Ökad kunskap behövs när det gäller att kunna kvantifiera nyttan och den ekonomiska kostnaden för en viss åtgärd när ett samlokaliseringsproblem ska lösas
- Det saknas tydliga kravspecifikationer och riktlinjer för användande av Satkom i FM idag. Eftersom det saknas tydliga riktlinjer så är det också oklart vilka krav som egentligen ställs, eller borde ställas, på robusthet
- Prestandahöjningar i form av exempelvis högre datatakt eller färre felsändningar kan uppnås genom förbättrat frekvensval och effektallokering som utnyttjar information om störningsmiljön på mottagarplattformen

Under hösten 2014 har en tvådagars workshop genomförts i Karlskrona med 65 deltagare. Målet med workshopen har varit att skapa ett årligt återkommande forum för kunskapsöverföring mellan forskning och specifika operativa behov för att bättre hantera och åtgärda transmissions- och kommunikationsproblem med koppling till integrations- och interferensproblem.

Nyckelord: Robust trådlös kommunikation, radio, systemintegration, samlokalisering, telekonflikt, frekvenshantering, kortvåg, satellitkommunikation.

## Summary

This report summarizes the first year of activities carried out within the 3 year project RICOM (Robust Integration of Wireless Telecommunication System). The project will mainly study improved methods for system integration on platforms. The methods must take into account the tactical behaviour, communication services, electric-mechanical constraints, inter-system interference and warfare aspects on the platform. The concept robustness is used in the meaning of robustness to electromagnetic interference, absence or varying coverage of infrastructure or telecommunication services and varying radio channel or receiving conditions of the radio communications.

The project has been prioritized on both scientific publishing and continuous interaction with customer representatives. By conducting interviews and by analysing lessons identified/lessons learned, several examples were collected for the further work of identifying the causes of increased risk of inter-system interference and lack of co-existence between systems on platforms. Furthermore, a study of methods for increased robustness for satellite-communication systems has been performed, as well as a method for optimal use of available spectrum at the high frequency (HF) band has been further developed.

Key findings from the work 2014 are:

- Increased knowledge is needed, to be able to quantify the benefits and the economic costs of specific actions that are proposed to solve collocation problems
- There is a lack of guidelines and underlying user needs for the use of satellite communication in the Swedish Armed Forces today. In the absence of guidelines and user needs, the current robustness requirements of the satellite communication systems are unclear
- Performance enhancement in the form of, for example, higher data rates or less retransmissions can be achieved by using a method for improved frequency selection and power allocation that utilizes information about the interference environment on the receiver platforms

In the autumn of 2014, a two-day workshop has been conducted in Karlskrona with 65 participants. The goal of the workshop has been to create an annual forum for knowledge transfer between research and specific operational needs in order to better manage and fix future transmission and communication problems related to integration and interference issues.

Keywords: Robust wireless communication, radio system, system integration, collocation, inter-system interference, frequency management, HF, satellite communication.

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>6</b>
1.1	Bakgrund.....	6
1.2	Referensgrupp .....	7
1.3	Arbetspaket.....	7
<b>2</b>	<b>Projektaktiviteter</b>	<b>9</b>
2.1	AP 1 Förstudie kring integrationsproblematik.....	9
2.1.1	Slutsatser .....	11
2.2	AP 2 Studie av robusthetsökande åtgärder för Satkom .....	11
2.2.1	Slutsatser .....	12
2.3	AP 3 Studier av optimalt utnyttjande av tillgängligt frekvensspektrum på HF .....	12
2.3.1	Slutsatser .....	14
2.4	AP 4 Workshop .....	14
2.5	Övrig kommunikation av resultat.....	16
2.5.1	Rapportering mot FM.....	16
2.5.2	Övrigt.....	16
<b>3</b>	<b>Verksamhet 2015</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>Referenser</b>	<b>18</b>

# 1 Inledning

Denna rapport sammanfattar de aktiviteter som genomförts inom projektet *Robust Integration av Trådlösa Telekommunikationssystem* (RICOM) under dess första år. Såväl vetenskaplig publicering som kontinuerlig samverkan med kundrepresentanter i olika frågor har prioriterats. Kundrepresentanterna har bidragit till projektet genom att tydliggöra Försvarens behov, vilket har underlättat prioriteringen av forskningsuppgifterna. Forskningsresultaten har på så sätt kunnat omsättas i aktuella frågeställningar beträffande systemintegration och systemutveckling. Projektet är ett forskningsprojekt inom Försvarens samlingsbeställning till FOI och genomförs vid avdelningen för Informations- och aerosystem, med start 2014-01-01.

## 1.1 Bakgrund

Robustheten för telekommunikationssystem på militära plattformar kan degraderas genom brister i systemintegrationen. Detta är ett komplext och växande problem särskilt för plattformar där flera kommunikationssystem måste samlokaliseras med andra emitterande källor.

Resultatet blir att en del system inte får användas, får kraftigt begränsad räckvidd, får ökad känslighet för telekrigsinsatser, inte fungerar alls eller att vissa frekvenser inte får användas. Det får till följd att införskaffade system inte kan användas som det var tänkt. Brister i systemintegrationen påverkar således ytterst förbandens förmåga att genomföra sin uppgift. Detta gäller särskilt brister som påverkar trådlös teknik [1], [2].

Projektet skall studera förbättrade metoder för systemintegration på plattformar. Metoderna skall ta hänsyn till taktiskt uppträdande, kommunikationstjänster, elektromekaniska begränsningar, telekonflikter och telekrigsaspekter. Redan dagens plattformar är sammansatta av både militära och civila system och andelen militäranpassade civila system antas öka. Metoderna måste hantera detta samt även frekvensvalsproblematiken med och utan spektrumbegränsningar. Projektet ska dock inte karakterisera olika störningskällors egenskaper, inte studera telekrigssystem samt ej heller omfatta flygande plattformar.

För plattformar som ska kommunicera över stora avstånd utan markbaserad infrastruktur är satellitkommunikation (Satkom) och kortvåg (HF) i princip de enda möjliga alternativen. Satellitkommunikation är idag det enda system som har tillräcklig kapacitet för att stötta flera av våra nationella stödsystem samt welfare-trafik. På samma sätt är HF-kommunikation nödvändigt för operativ ledning på många plattformar. Dessa kritiska systems prestanda kan dock avsevärt försämrats av brister i systemintegrationen. Användningen av kommersiell teknik tillsammans med radarsystem, annan emitterande utrustning och sensorer på små plattformar förstärker detta problem.

Fördelen med HF är att kommunikationen kan ske utan fast infrastruktur eller hyrda satellit-transpondrar. Nackdelen är att kapaciteten i form av datatakt generellt sett är låg. Nya tekniker för bättre och adaptivt frekvensval samt för bredbandig HF, särskilt för markvåg, har potential att bidra till en ökad datakapacitet. Störningsproblematiken är ett problem för HF, vilket begränsar systemens förmågor. FOI har inom projekt ROAM<sup>1</sup> [3] visat att kanalval för HF, där plattformens lokala störningsmiljö vägs in, kan ge stora förbättringar i robusthet och kapacitet [4]. Metoderna kommer att vidareutvecklas i projekt RICOM.

Satellitkommunikation erbjuder en rad nya möjligheter för den operativa ledningen, inte minst metodmässigt. Försvarens förfogar idag inte över några egna satellitresurser.

---

<sup>1</sup> ROAM=Robusta telekommunikationer för marina internationella operationer, FoT-projekt vid FOI 2011-2013.



Kommersiella system där robustheten oftast är låg måste därför användas. Teknik för att öka robustheten i detta fall måste kunna appliceras som ett tillägg till befintliga kommersiella satellitlösningar.

Projektet skall undersöka vilka realiserbara möjligheter det finns att öka robustheten vid användning av kommersiella satellitlösningar samt jämföra hur robustheten varierar beroende på vilka satellitsystem som används.

Projektets effektmål är att genom att teknik och metoder öka ett förbands förmåga att genomföra sina uppgifter.

Frågeställningar som projektet skall försöka besvara utgörs av:

- Vilka metoder och tekniker bör tillämpas för att säkerställa att systemintegrationen, både vid nybyggnation och modifiering av en plattform, inte orsakar prestandanedsättning på grund av egenstörningar eller samlokalisering?
- Vilka realiserbara tekniska lösningar finns det som ökar robustheten på inhyrda satellitresurser och vad får de för effekt på tillgänglig kapacitet?
- Vilka möjligheter finns att med bibehållen eller ökad robusthet höja kapaciteten för HF-kommunikation i plattformintegrerade system?
- Hur mycket och under vilka omständigheter kan robustheten i transmissionen förbättras med en kombination av HF/Satkom och med stöd av andra system och tekniker?

Robusthet används som begrepp i många sammanhang och ofta med olika betydelse. Inom RICOM används robusthet i betydelsen tålighet mot exempelvis:

- Avsiktliga (telekrig) och oavsiktliga (telekonflikter) elektromagnetiska störningssignaler
- Utslagning av delar av infrastrukturen för telekommunikation
- Förändringar av vågutbredningsförhållanden för radiokommunikation
- Förändringar av tillgängligheten hos olika delar av infrastrukturen för radiokommunikation

## 1.2 Referensgrupp

Projektets referensgrupp har en rådgivande och stödjande roll och är en viktig länk till att säkerställa projektets kundnytta. Referensgruppen hade under 2014 följande medlemmar:

- Rasmus Nordström, HKV PROD ARME,
- Magnus Kedeby, HKV PROD MARIN,
- Per Nordlöf, HKV PROD LEDUND TSI,
- Gunnar Markusson, HKV PROD LEDUND VPI,
- Peter Lendrop, SSS,
- Rickard Berg, FMV,
- Per-Olof Eriksson, FMV

Målet är att, om möjligt, utöka gruppen med en person från INSS/J6. Totalt har tre referensgruppsmöten genomförts under 2014.

## 1.3 Arbetspaket

Projektet omfattar under 2014 fyra arbetspaket:

- AP 1 Förstudie kring integrationsproblematik
- AP 2 Studie av robusthetsökande åtgärder Satkom

- AP 3 Studier av optimalt utnyttjande av tillgängligt frekvensspektrum på HF
- AP 4 Workshop

I Kapitel 2 beskrivs kortfattat årets aktiviteter i de olika arbetspaketen.

## 2 Projektaktiviteter

I följande kapitel beskrivs status och delresultat från de arbetspaket som pågår inom projektet.

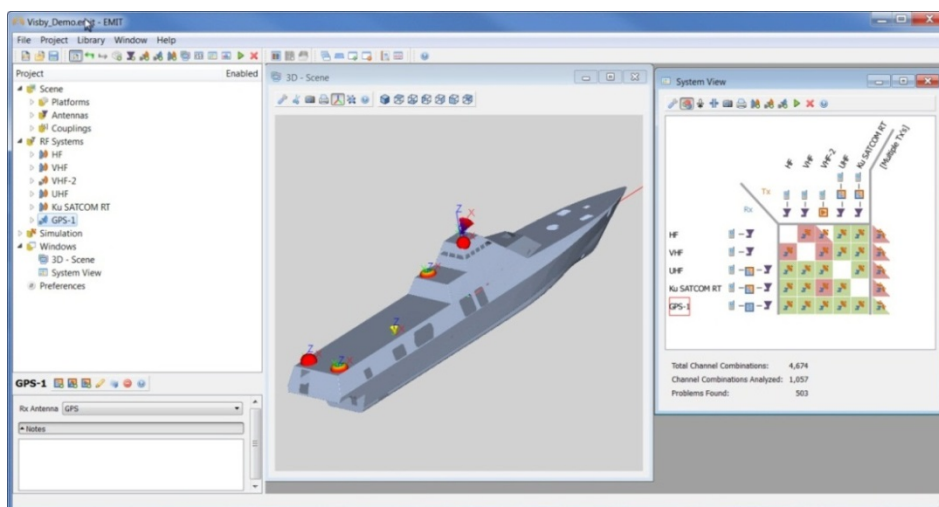
### 2.1 AP 1 Förstudie kring integrationsproblematik

Detta arbetspaket syftar till att identifiera och redovisa tekniska och metodmässiga orsaker till ökad risk för egenstörningar och bristande samfunktionsegenskaper internt FM:s plattformar för mark/sjö. Metoder och arbetssätt bedöms som lika viktiga som teknik.

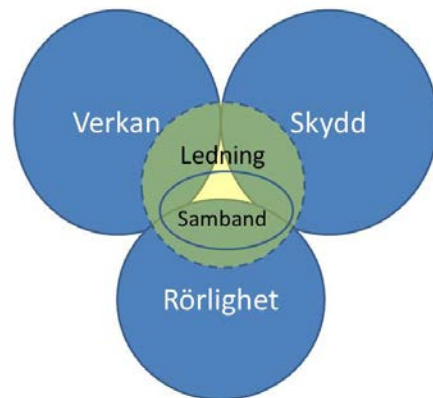
Under årets första halvår har en fördjupad omvärldsanalys genomförts med inriktning mot att finna för området relevanta forskningsprojekt och artiklar som beskriver teknik och metod mer i detalj. Resultatet är att en handfull initiativ hittats inom området. Gemensamt för dessa initiativ är att forskningsresultaten har kanaliserats till flera mjukvaruverktyg för EMC- och telekonfliktanalys. Ett exempel på ett sådant verktyg är *Electromagnetic Interference Toolkit* [5], EMIT, som används för att analysera telekonflikter mellan radiosystem på en plattform, se Figur 1. Programmet använder importerade CAD-modeller och har ett inbyggt bibliotek av radiosystem. Ett annat verktyg är *EMC Analyzer* [6]. Detta verktyg kan analysera EMC-aspekter både internt på plattformen och mellan samgrupperade plattformar, och använder radiomodeller som tar hänsyn till icke-linjära fenomen. För att få grepp om spännvidden av problemet har även en kartläggning av praktiska fall av egenstörningar och bristande samfunktionsegenskaper genomförts. Kartläggningen omfattar både nationella och internationella fall. Till stöd för arbetet har intervjuer genomförts med personal från I19, P4, INSS J6, MSS, Markverkstaden i Skövde, FMV samt personal med erfarenheter från ME02/ME03 och Afghanistan. I övrigt har rapporter från projektet ROAM [3], mätningar på plattformar, erfarenhetsrapporter mm utnyttjats i studiearbetet. Resultatet är ett antal konkreta exempel som kan användas för det fortsatta arbetet i projektet.

Omvärldsanalysen var klar vid halvårsskiftet 2014 och efterföljdes av identifiering av orsaker till ökad risk för egenstörningar och bristande samfunktionsegenskaper samt klassning av orsakerna. Detta gjordes för att underlätta vidare arbete, samt inför prioritering av uppgifter/plattformar/frekvensområden mm som underlag för planering av fortsatt arbete 2015-2016.

Störningar på sambandssystem kan få konsekvenser på ett förbands förmåga bland annat på grund av att fungerande samband är en förutsättning för full funktionalitet i ett ledningssystem, se Figur 2.



Figur 1: EMIT: beräkning av telekonflikter på fartyg [5].



Figur 2: specifika marin- och markoperativa behov avseende transmissions- och kommunikationslösningar.

Om ledningssystemets funktionalitet degraderas på grund av störningar på sambands-system så påverkas förmågor som skydd, verkan och rörlighet i större eller mindre utsträckning. Om integrationsproblem leder till interferenser på sambandssystem så blir konsekvenserna olika beroende på tekniklösning och den aktuella tillämpningen. Exempel på påverkan är:

- Avbrott
- Minskad räckvidd
- Tidsfördröjningar av data
- Minskat antal användare
- Ökad känslighet mot elektronisk attack
- Kortare upptäcktsavstånd för egna SIS-mottagare/varnare

Det finns flera principiella metoder att minska inverkan av interferenserna om ett störningsproblem uppstått:

- Reducera interferenskällans utstrålning
- Minska kopplingen mellan källan och mottagaren
- Anpassa mottagaren så att den kan hantera interferenserna

I projektet tas hänsyn till alla dessa metoder. Ett resultat från förstudien är att avvägningen mellan kostnaden för en viss åtgärd och den effekt den ger för att hantera ett samlokaliseringsproblem inte alltid görs på ett strukturerat och kvantifierbart sätt. Detta kan bero både på svårigheten att mäta hur effektiv en åtgärd är i sig samt att i förvägberäkna den totala ekonomiska kostnaden för den.

En delegation från SPAWAR SSC Pacific (*Space and Naval Warfare Systems Center Pacific*) besökte FOI under tre dagar i maj. RICOM presenterades när delegationen besökte FOI Linköping den 20/5 samt även vid ett GD-besök på SPAWAR i San Diego under perioden 22/9-23/9.

Projektet RICOM tillsammans med FMV-projektet *Expertstöd Telekonflikter – EMC/EMB 12-14* bjöds in att hålla en workshop med titeln *Counteracting the communications interference environment or the modern battlespace* under konferensen *Land Battlespace Management 2014*. Det är en militär konferens som går i London varje år. Syftet med workshoppen var att samla information om andra aktörers hantering av kommunikationsproblem på grund av störningar och bristfällig integration. Deltagarna på workshoppen var samstämmiga i att de har bekymmer orsakade av bristfällig integration och telekonflikter. I vissa fall används verktyg för att lösa delproblem och för att planera frekvensanvändandet,

men till största delen löses problemen då de uppstår. Flera deltagare erkände också att det förmodligen finns många situationer då användarna inte är medvetna om problemen.

### 2.1.1 Slutsatser

- Under 2014 har projektet via intervjuer och erfarenhetsrapporter hittat flera konkreta exempel som kan användas för det fortsatta arbetet med att identifiera orsaker till ökad risk för egenstörningar och bristande samfunktionsegenskaper.
- Egenstörningar som leder till sambandsproblem påverkar förmågor som skydd, verkan, och rörlighet i större eller mindre grad.
- En inventering av andra nationella och internationella arbeten inom området har gett en handfull exempel som har det gemensamt att forskningsresultaten kanaliseras till mjukvaruverktyg för EMC- och telekonfliktanalys.
- Ökad kunskap behövs när det gäller att kunna kvantifiera nyttan och den ekonomiska kostnaden för en viss åtgärd när ett samlokaliseringsproblem ska lösas.

## 2.2 AP 2 Studie av robusthetsökande åtgärder för Satkom

I denna aktivitet studeras vilka åtgärder som kan vidtas för att öka robustheten hos de typer av Satkom som kan vara aktuella för FM inom en tioårsperiod. Även inom detta har en omvärldsanalys genomförts för att identifiera de troliga hoten och svagheterna i robusthet på plattformar för mark och sjö. I arbetet har även ingått att kartlägga dagens och morgondagens användningsområden samt vilka satellitsystem som kan beröras. Inventering av skyddsmetoder och skyddsteknik har inletts under året. Under kommande år fortsätter arbetet med analyser av vilka effekter dessa metoder och tekniker får på robusthet, överföringsförmåga mm samt även deras realism och eventuella flaskhalsar.

Analys av skyddseffekten med bandspridning har påbörjats under året. Fokus för denna analys har varit att utröna vilka skyddsmöjligheter som finns i praktiken när man har relativt begränsad bandbredd att utnyttja för bandspridning i förhållande till den momentana bandbredden. Inledningsvis har endast kommunikation som använder så kallad *bent pipe* beaktats. De mest intressanta scenarierna för ett frekvenshoppande system har tagits fram med avseende på en störsändares möjligheter att följa och störa det använda frekvensbandet.

Under Q2 har satellitanläggningen vid UtvC i Enköping besökts och intervjuer har genomförts med personal som har erfarenhet av Satkom från internationella missioner. Ett studiebesök har även genomförts vid *Defence & Security C4I Systems, Thales Communications & Security* i Paris där bland annat System 21, med det störskyddade satellitmodemet modem 21e som kärna, förevisades.

Som en del i omvärldsbevakning inom Satkom besöktes konferensen Satellite2014. Satellite2014 är en konferens och mässa inom satellitkommunikation, både militär och civil sådan. Fokus var huvudsakligen kommersiellt, så konferensen gav upplysningar om vad marknaden ser som aktuellt just nu. Bland annat märktes att störningsproblematiken verkar tas på stort allvar, men att man huvudsakligen inriktar sig på att hitta och åtgärda oavsiktliga störare, inte att förebygga störning. Även mobil Satkom förevisades och diskuterades flitigt. Bland annat diskuterades risken att de mobila systemen stör andra närliggande satelliter, eftersom de har mindre antenner och därmed bredare antennlobber. Detta verkade dock ännu inte var något större problem.

På årets workshop (Avsnitt 2.4) hölls en presentation om det inledande arbetet om Satkom i AP2. Den efterföljande diskussionen gav en del intressanta kommentarer och information. Flera deltagare gav uttryck för att Satkom snarare är bekvämt att ha än att det

finns ett egentligt behov av för nationellt bruk. Det mesta av logistik och administration borde t.ex. inte kräva en uppkoppling i realtid, men systemen idag kräver det. Internationellt har krav på interoperabilitet tvingat fram installationer av Satkom ombord på vissa fartyg. Satkom används även för många tjänster förutom welfare, t.ex. kartdata, virusuppdateringar, LIFT och fartygsidentifiering. Det verkade finnas en enighet om att Satkom inte har införts i syfte att användas för stridsledning. Det finns t.ex. ett policybeslut från INSS att inte använda Satkom nationellt för stridsledning. Det verkar trots det inte finnas några tydliga riktlinjer för hur, och till vad, Satkom ska användas, trots att det redan har installerats på många plattformar. Få verkar ha reflekterat över att när Satkom väl finns på plats på en plattform kommer det att tillkomma nya användningsområden. Dessa skulle då kunna driva i riktning mot mer stridsledning över Satkom trots att det inte var det ursprungliga syftet. Några tydliga exempel på robusthetsproblem med Satkom har redan framkommit inom FM, t.ex. i form av utstörda tjänstenoder samt Iridium-samtal som inte kunnat kopplas fram.

Som ytterligare en del av arbetet inom Satkom besöktes ett rymdseminarium ordnat av FMV, med deltagare från de olika försvarsmyndigheterna. Syfte med seminariet var att ge en samlad bild av försvarsmyndigheternas rymdverksamhet och ge tillfälle att diskutera över myndighetsgränserna. Satkom var en av de rymdtjänster som behandlades. Det som togs upp gällande Satkom var bland annat olika metoder för att skaffa tillgång till satellitkapacitet, till exempel *pooling/sharing* med andra EU-länder. Det nämndes även att det börjar dyka upp idéer om att använda Satkom som reservsamband för längre sträckor (mellan orter) även på land inom Sverige.

De erfarenheter som berör integrationsproblematik kring Satkomsystem är också en del i de underlag som används i API.

### 2.2.1 Slutsatser

- Det saknas tydliga kravspecifikationer och riktlinjer för användande av Satkom i FM idag. Eftersom det saknas tydliga riktlinjer så är det också oklart vilka krav som egentligen ställs, eller borde ställas, på robusthet.
- Det finns många potentiella risker med att använda Satkom, eftersom det är framförallt kommersiella krafter som styr utvecklingen.
- När Satkom väl finns infört på en plattform kan det börja användas för ytterligare användningsområden. En möjlig sådan användning skulle kunna vara i riktning mot mer stridsledning trots att det inte var det ursprungliga syftet.

## 2.3 AP 3 Studier av optimalt utnyttjande av tillgängligt frekvensspektrum på HF

Syftet med denna del av projektet är att undersöka om nya alternativa frekvenshanteringsmetoder kan appliceras på marin- och armé-plattformar samt att beskriva hur metoderna påverkar robustheten (och kapaciteten).

Den militära plattformen kan bestå av en stor mängd sändande och elektriska utrustningar som genererar störningssignaler. För de situationer där dessa störsignaler inte kan åtgärdas är det önskvärt att radiosystemet kan agera på bästa möjliga sätt. Genom att beakta hur mottagningsförhållandena och störningsmiljön ser ut kan den mest lämpliga frekvensen väljas för transmissionen.

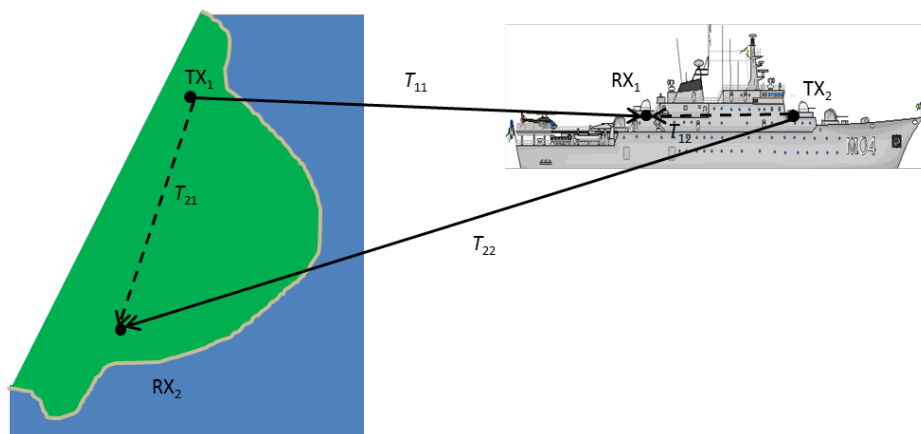
Under 2014 har arbetet med adaptivt frekvensval fortsatt från den utgångspunkt som skapades inom projektet ROAM, med målet att utveckla metoder för att hantera dynamiskt varierande mottagningsförhållanden. Det är speciellt valet av lämpliga frekvenser vid användandet av marinens kortvågssamband (HF) som har studerats. Ett konferensbidrag med titeln ”*Channel Selection that Considers the Impulse Characteristics of the Local*

*Interference*” har presenterats vid den internationella vetenskapliga konferensen EMC Europe 2014 i Göteborg i september [7].

För att göra ett adaptivt frekvensval krävs information om kanalen och mottagarens förhållanden. Att överföra denna information till sändaren innebär en overhead eller kostnad för radiosystemet. De förbättrade metoderna som har förslagits inom projektet för adaptivt frekvensval kräver att ytterligare information om den lokala störningsmiljön på mottagarplattformarna överförs till sändaren. Kompromissen mellan vinsten av att ha mer information tillgänglig hos sändaren, och kostnaden för att överföra denna information, har studerats under året. Sammantaget kan slutsatsen dras att det kan löna sig att överföra viss information, men att det finns en brytpunkt där det börjar kosta mer än det ger i form av dataakt. Var denna brytpunkt befinner sig, alltså hur mycket extra information som det lönar sig att överföra, varierar väldigt mycket mellan olika scenarier och radiomiljöer.

Studier av att fördela en begränsad sändareffekt på flera parallella kanaler som utnyttjas samtidigt, för att maximera dataakten, påbörjades i projektet ROAM och har fortsatt i AP3 under första året. Detta är tillämpligt t.ex. på *wideband HF* där ett antal (upp till åtta) 3 kHz kanaler utnyttjas parallellt. I detta arbete har framförallt impulsiva störningar som är vanligt förekommande på kortvågsbandet studerats. Traditionellt tas hänsyn enbart till störningarnas medeleffekt vid fördelning av sändareffekt. Slutsatsen av detta arbete är att hänsyn bör tas även till störningarnas impulskaraktär för att kunna fördela effekten på ett sätt som ger maximal dataakt. Samma slutsats gäller även vid adaptivt frekvensval, vilket kan ses som ett specialfall då all effekt allokeras till en kanal i taget. En vetenskaplig artikel med titeln ”*Optimal Power Allocation for Parallel Two-State Gaussian Mixture Impulse Noise Channels*” har framtagits och har skickats till den välrenommerade tidskriften *IEEE Wireless Communications Letters* för oberoende kvalitetskontroll av nyckelresultaten [10].

Arbetspaketet har även studerat effektbalansering av samlokaliserade radiosändtagare och vilka konsekvenser det får för överföringskvaliteten vid samtidig sändning och mottagning. På plattformar inom både armén och marinen samlokaliseras flera kommunikationssystem inom en begränsad yta. Kommunikationssystemen är tänkta att fungera samtidigt och parallellt, utan att de ska påverka varandras prestanda. Samtidig transmission och mottagning med olika system innebär att energin som sänds ut från det transmitterande systemet kan läcka in i det mottagande systemet även om systemen är separerade i frekvens. Mottagarens förmåga att dämpa signaler inom närliggande frekvensområden definieras i huvudsak av mottagarens utombandsegenskaper. Utöver utombandsegenskaperna uppstår en viss dämpning av radiosignalerna mellan antennerna, den så kallade antennisolationen. Summan av utombandsegenskaperna och antennisolationen utgör således den totala dämpningen mellan en samlokaliserad sändare och mottagare. Mätningar på tätt samgrupperade plattformar inom marinen och armén visar på att antennisolationen vanligtvis ger en dämpning inom intervallet 20-30 dB, utombandsegenskaperna för en typisk mottagare kan antas ge en dämpning på ca 80 dB. Hur mycket den samlokaliserade sändaren oavsiktligt kommer att störa mottagaren beror således på sändarens uteffekt, mottagarens utombandsegenskaper samt antennisolation mellan mottagare och sändare.



Figur 3. Illustration av effektallokeringsproblemet.

I Figur 3 visas ett exempel på hur sändare och mottagare kan samgrupperas på ett fartyg och stå i närheten av varandra på land. De önskade kommunikationsvägarna är då  $T_{11}$  samt  $T_{22}$  och den icke önskvärda utbredningen av elektromagnetisk energi då  $T_{21}$  och  $T_{12}$ . På grund av radiosystemens utombandsegenskaper kommer det mottagna signal-brus förhållandet (SNR) hos  $RX_1$  att påverkas negativt av den utsända effekt från sändaren  $TX_2$  då systemet används samtidigt även fast radiosystemen arbetar på olika frekvens. Det betyder att då sändare och mottagare är samlokaliserade är mottagarnas SNR starkt beroende av geometrin och dämpningen mellan de olika sändarna respektive mottagarna och en effekthöjning behöver inte betyda förbättrade mottagningsförhållanden i båda mottagarna. Aktiviteterna i detta arbetspaket har en stark koppling till AP1 bland annat på så sätt att frekvensval HF och effektbalansering i ett nät får stor påverkan på interferensmiljön på en plattform. Effektbalansering kan dessutom användas för att minska de problem som hanteras i AP1.

### 2.3.1 Slutsatser

- Prestandahöjningar i form av t.ex. högre datatakt eller färre felsändningar kan uppnås genom förbättrat frekvensval och effektallokering som utnyttjar information om störningsmiljön på mottagarplattformen.
- Om störningarna på mottagarplattformen har kraftig impulskaraktär bör hänsyn tas till både störningens nivå (medeleffekt) och dess impulskaraktär, vid val av frekvens och allokering av effekt.
- Vid samtidig sändning och mottagning med samlokaliserade sändtagare är antennisolationen avgörande för den mottagna signalkvalitén.

## 2.4 AP 4 Workshop

Projektet har som ett av sina mål att genomföra en årlig workshop där aktuell forskning, med fokus på Robust Integration av Trådlösa Telekommunikationssystem, skall presenteras och diskuteras. Tanken är att med hjälp av workshoppen skapa ett forum för att lyfta fram problem och möjligheter inom området och att etablera kunskapsöverföring mellan forskning och specifika operativa behov för att bättre hantera och åtgärda transmissions- och kommunikationsproblem med koppling till integrations- och interferensproblem. Det finns flera mål och syften med att anordna denna workshop, varav de viktigaste är att:

- Tydliggöra FOIs forskningsresultat
- Öka forskningens relevans genom dialog och återkoppling från huvudintressenter



- Skapa förståelse för integrationsproblematiken på plattformar
- Att ge projektgruppen en förståelse för vilka frågeställningar som är mest prioriterade

Att genom workshoppen även bidra till en ökad dialog om sambandsfrågor mellan personer inom armé och marin är också ett viktigt mål.

FOI har på samma sätt som vid de tidigare genomförda workshopparna inom projekt ROAM fått positiva omdömen om workshoppen från deltagarna, dels över att FOI arrangerat denna träff, dels nyttan FOIs forskning gör inom området. De två främsta resultaten från denna workshop är att den:

- Fungerat som ett forum för informationsutbyte mellan operatörer/användare, beställare och FOI
- Skapat en vidare förståelse för integrationsproblematiken på plattformar

Workshoppen skall vara årligen återkommande (typiskt runt vecka 40) som en viktig del av projekt RICOM. Flera av de underliggande behoven bedöms dock finnas kvar under lång tid framöver och förhoppningen är därför att workshoppen skall leva vidare även när RICOM avslutats.

Workshoppen anordnades som ett samarbete mellan HKV PROD ARME, HKV PROD MARIN och FOI. Även SSS bidrog med aktivt stöd. Ett särskilt tack går till Peter Lendrop, SSS, utan vars stöd det varit mycket svårt att genomföra denna workshop.

Workshoppen genomfördes under två dagar (måndag 12:30 - tisdag 14:30) på Marinbasen i Karlskrona. Intresset för workshoppen var stort och visar på behovet av tillfällen att mötas och att utbyta erfarenheter. Under de två dagarna deltog totalt 65 personer. Deltagarna kom från bland annat HKV PROD MARIN, HKV PROD LEDUND, FMV, Marinens radio (MaRa), Sjöstridsskolan (SSS), Markstridsskolan (MSS), Marinbasen, Livgardet, Luftvärnsregementet (LV6), Skaraborgs regemente (P4), FMTM, FMTS, LedR, tredje och fjärde Sjöstridsflottiljerna samt från första Ubåtsflottiljen och FOI.

Vid denna workshop presenterade två representanter från Försvarsmakten, en från armén och en från marinen, sin syn på integrationsproblematiken. Två representanter från FMV genomförde motsvarande presentationer för armé och marin och från FOI presenterades forskning inom RICOM-projektets ramar. Detta var projektets första workshop och därför fokuserades FOI-presentationerna främst på att ge en mer övergripande bild av integrationsproblematiken, i ett rent utbildningssyfte för deltagarna. Till några av presentationerna hade extra tid avsatts för att bjuda in åhörarna till diskussion kopplat till det som presenterades.

Följande föredrag och diskussioner genomfördes:

- Välkomna, presentation av RICOM, Börje Asp FOI
- Utmaningen – systemintegration utan att försämra kommunikationsförmågan, Peter Stenumgaard FOI
- Markarenan - Inbjuden talare ger sin syn (inkl diskussion), Lars Behm MSS
- Sjöarenan - Inbjuden talare ger sin syn (inkl diskussion), Carl Eklund PTK M
- Exempel ur verkligheten (inkl diskussion), Per-Olof Eriksson FMV
- Hur hanteras integration av system på markarenan, (inkl diskussion), Tore Reinhold FMV
- Hur hanteras integration av system på sjöarenan (inkl diskussion), Ulf Gerhardsson FMV
- Satkom (inkl diskussion), Erik Axell och Sara Örn Tengstrand FOI
- HF frekvensval, Patrik Eliardsson FOI
- Hur bidrar FOI och hur skall resultatet användas? (inkl diskussion), Börje Asp FOI

Under workshoppen delades en enkät ut till samtliga deltagare. Totalt svarade 17 personer på denna enkät, motsvarande en svarsfrekvens på 26 % (projektmedlemmarna deltar inte i enkäten). Svarsfrekvensen för årets workshop är lägre än tidigare år då den varit dryga 40 %. Den relativt låga svarsfrekvensen gör det tyvärr svårt att dra långtgående slutsatser.

Bland de inkomna enkätsvaren finns några förslag på presentationer inför kommande workshop:

- Bjud in en systemleverantör som får presentera hur de ser på integrering av COTS, MOTS samt GOTS. Vad är deras utmaningar med vår kravställning? Hur arbetar de för att säkerställa kravbilderna?
- Trender och forskning kring framtidens teknik (radioapparater, antenner etc.) för samband samt nya standarder som har en koppling mot samband (omvärldskontroll).
- Hur påverkar elektronisk utrustning, som utnyttjar 3/4G och WiFi, miljön ombord på olika plattformar? Vilka blir konsekvenserna av att sådan elektronik används på olika förmågor/system?
- Vad är de operativa konsekvenserna av integrationsproblematiken?
- En vidareutveckling kring Satkom.
- Låt MaRa ge en presentation om hur de arbetar med integration i deras fasta infrastruktur. Finns det integrationsproblem där? (Anmärkning: projektet RICOM är dock avgränsat från all fast infrastruktur).

## 2.5 Övrig kommunikation av resultat

Kommunikationsaktiviteterna inom projektet har syftat till att kommunicera projektresultaten till en bred publik, allt ifrån marin- och armé-förband, HKV, FMV till standardiseringsorgan och forskargrupper. Detta avsnitt beskriver de aktiviteter som har genomförts.

### 2.5.1 Rapportering mot FM

- *Robust Integration av Trådlösa Telekommunikationssystem - Statusrapport Q2 2014*, FOI Memo 4962, juni 2014 [8]
- *Erfarenheter från Workshop om Robust integration av trådlösa telekommunikationssystem 2014*, FOI Memo 5113, november 2014 [9]
- Presentation av RICOM för FoT-gruppen ledning och MSI, 2014-04-03
- Presentation av RICOM, *Robust Integration av Trådlösa Telekommunikationssystem – RICOM*, vid FoT-dialogen 2014-09-22, Forsknings- och teknikutvecklingsläge 2014

### 2.5.2 Övrigt

Utöver ovanstående kommunikationsaktiviteter har projektets verksamhet presenterats vid:

- Referensgruppsmöten, 3 ggr under 2014
- Försvarsmaktens Frekvensarbetsgrupp, FAG, 4 ggr under 2014

### 3 Verksamhet 2015

Nedanstående mycket översiktliga plan är preliminär men speglar ambitionen för projekt RICOM under 2015.

AP1: Den under 2014 påbörjade förstudien slutförs och dokumenteras i början av 2015 i en FOI-rapport. Denna omfattar bland annat omvärldsanalys, analys av några verktyg, redovisning av praktiska fall både nationellt och internationellt, identifiering av orsaker till ökad risk för egenstörningar och bristande samfunktionsegenskaper samt en kategorisering av dessa orsaker för att underlätta vidare arbete, rapportering, etc. Metodutvecklingen som påbörjats under 2014 tar fart på allvar. I detta ingår bland annat att utreda hur olika (nödvändiga) integrationskompromisser påverkar kommunikationsförmågan (ledning och verkan) och vilka åtgärder som får störst positiv inverkan på förmågorna. Verksamheten redovisas vid WS hösten 2015 samt i en separat rapport under 2015 (leverans Q1, 2015).

AP2: Studierna av möjliga hot mot satkomsystem slutförs och beskrivningar tas fram för ett antal möjliga skydds-metoder och -teknik som kan vara aktuella för svenska mark- och sjöplattformar. Detta publiceras i en FOI-rapport som utformas för en bredare publik där djupare satkomkompetens inte skall vara nödvändig. Verksamheten redovisas vid WS samt i rapport (leverans Q3).

AP3: Under året avslutas denna del av verksamheten med att resultat och metod dokumenteras i en FOI-rapport. Rapporten skall bland annat ta upp implementations-aspekter och hur metoden påverkar robusthet och kapacitet. Mindre insatser i form av kompletteringar av simuleringar mm kan därför komma att behöva genomföras. Resultatet redovisas under 2015 vid WS, samt i tekniskt inriktad rapport 2015 (leverans Q3).

AP4: Under hösten 2015, preliminärt vecka 40, genomförs workshop nummer två inom ramen för RICOM. Preliminär inbjudan/program beräknas komma ut under april/maj 2015 (projektleverans Q4, FOI memo, "Erfarenheter från genomförd workshop").

## 4 Referenser

1. B. Asp, P. Eliardsson, B. Johansson, P. Stenumgaard, K. Wiklundh, "Interferensnivåmätningar på HMS Carlskrona", FOI-RH--1208--SE, januari 2012.
2. P. Stenumgaard, "Störningskänslighet hos civil trådlös konsumentteknik", FOI-R--3216--SE, maj 2011.
3. B. Asp, K. Wiklundh, P. Stenumgaard, P. Eliardsson, B. Johansson, E. Axell, "ROAM Slutrapport - Robusta kommunikationer för internationella operationer", FOI-R--3790--SE, december 2013.
4. Patrik Eliardsson, Kia Wiklundh, Erik Axell, Björn Johansson, Peter Stenumgaard, "Analysis of the local HF interference environment at a military platform" Nordic HF 13, Fårö, 2013.
5. EMIT, Delcross Technologies, <http://www.delcross.com/emit/>, hämtat maj 2014
6. EMC Analyzer, Belarusian state university of informatics and radioelectronics, <http://emc.bsuir.by/>, hämtat nov 2014
7. P. Eliardsson, E. Axell, K. Wiklundh, P. Stenumgaard, "Channel Selection that Considers the Impulse Characteristics of the Local Interference," EMC Europe 2014, Göteborg, September, 2014.
8. B. Asp, "Robust Integration av Trådlösa Telekommunikationssystem - Statusrapport Q2 2014", FOI Memo 4962, juni 2014.
9. B. Asp, P. Eliardsson, "Erfarenheter från Workshop om Robust integration av trådlösa telekommunikationssystem 2014", FOI Memo 5113, november 2014.
10. E. Axell, K. C. Wiklundh, P. F. Stenumgaard, "Optimal Power Allocation for Parallel Two-State Gaussian Mixture Impulse Noise Channels", inskickad till *IEEE Wireless Communications Letters*.

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.



FOI  
Totalförsvarets forskningsinstitut  
164 90 Stockholm

Tel: 08-55 50 30 00  
Fax: 08-55 50 31 00

[www.foi.se](http://www.foi.se)