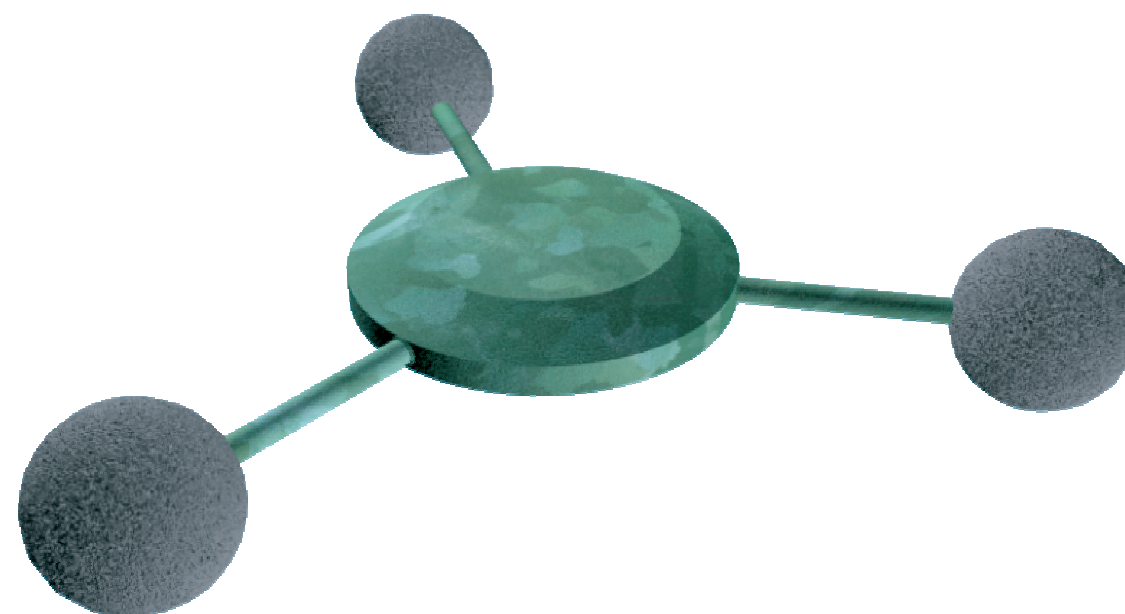


MIKAEL BRÄNNSTRÖM, MATTS GUSTAVSSON, HANS HABBERSTAD,
ANDRIS LAUBERTS, DAVID LINDGREN



FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1350 anställda varav ungefär 950 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömningen av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.

Mikael Brännström, Matts Gustavsson, Hans Habberstad, David Lindgren,
Andris Lauberts

IAM Slutrapport 2005

Utgivare FOI - Totalförsvarets forskningsinstitut Ledningssystem Box 1165 581 11 Linköping	Rapportnummer, ISRN FOI-R--1836--SE	Klassificering Underlagsrapport
	Forskningsområde 4. Ledning, informationsteknik och sensorer	
	Månad, år November 2005	Projektnummer E7036
	Delområde 42 Spaningssensorer	
	Delområde 2	
Författare/redaktör Mikael Brännström Matts Gustavsson Hans Habberstad Martin Holmberg Andris Lauberts David Lindgren	Projektledare Martin Holmberg	
	Godkänd av Martin Rantzer	
	Uppdragsgivare/kundbeteckning Försvarsmakten	
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig	
Rapportens titel IAM Slutrapport 2005		
Sammanfattning Rapporten sammanfattar resultatet från projekt IAM under 2005. Projektet, som är en ettårig förlängning av ett tidigare projekt har under 2005 i ett konferensbidrag redovisat resultat från klassificering av markfordon genom analys av akustiska data. Vidare har projektet förbättrat en redan implementerad simulatormodell i simuleringsmiljön MOSART. Kunskap och erfarenheter har överförts till FMV marksensordemonstrator genom att algoritmer implementerats i demonstratorn. Slutligen redovisas kortfattat i rapporten några scenarier från urban miljö och hur sensornät skulle kunna användas i dessa.		
Nyckelord		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 22 s.	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista	

FOI – Swedish Defence Research Agency Ledningssystem Box 1165 581 11 Linköping	Report number, ISRN FOI-R--1836--SE	Report type Base data report
	Programme Areas 4. C4ISTAR	
	Month year November 2005	Project no. E7036
	Subcategories 42 Above water Surveillance, Target acquisition and Reconnaissance	
	Subcategories 2	
Author/s (editor/s) Mikael Brännström Matts Gustavsson Hans Habberstad Martin Holmberg Andris Lauberts David Lindgren	Project manager Martin Holmberg	
	Approved by Martin Rantzer	
	Sponsoring agency Swedish Armed Forces	
	Scientifically and technically responsible	
Report title (In translation) IAM Annual report 2005		
Abstract In this report, the results from the project IAM during 2005 are presented. The project, which is a one-year extension of an already ongoing project, has during 2005 presented the results from applying algorithms for classification of ground vehicles on acoustics data in a conference paper. Furthermore, the work with the improvements of the already implemented simulation model for sensor networks in the simulation framework MOSART has continued. Knowledge and experiences have been transferred to the FMV ground sensor demonstrator as implemented algorithms. Finally this report describes some scenarios from the urban terrain and how sensor networks could be used.		
Keywords		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages 22 p.	
	Price acc. to pricelist	

Innehåll

Inledning.....	1
Klassificering av markfordon.....	1
Kunskapsöverföring	1
MOSART	1
FMV marksensordemonstrator.....	2
Akustisk sensornod	3
Akustik	6
Algoritmer för klassificering av markfordon	7
Klassificerare.....	7
Implementering	8
Slutsats	8
Urban miljö	9
Sensornät i urban miljö	9
Scenarier.....	9
Kravaller.....	9
Övervakning av redan kontrollerad byggnad	10
Havsnära urban miljö	10
Aspekter på kommunikation i urban miljö.....	11

Inledning

Projektet IAM, Interaktiva Adaptiva Marksensornät påbörjades 2002 som ett treårigt projekt och slutredovisades 2004 [2].

Projektet förlängdes därefter med ytterligare ett år och fick i uppgift att:

- Överföra resultat från de tre första åren vidare till andra projekt
- Presentera resultat från klassificering av markfordon som en konferensbidrag
- Redovisa hur erfarenheterna från IAM kan utnyttjas i sensornät i en urban miljö

Denna rapport redovisar genomfört arbete under 2005.

Klassificering av markfordon

De data som insamlades vid de fältförsök som genomfördes under projekt IAM's andra år har använts för att vidareutveckla algoritmer för klassificering av markfordon. Resultatet från detta arbete har dokumenterats i en vetenskaplig artikel "*Robust Vehicle Classification in a Microphone Network*" som inskickas som bidrag till konferensen FUSION2006.

I detta konferensbidrag beskrivs hur ljudupptagningar av fordon som passerar ett nätverk av mikrofoner studerats med avseende på möjligheten att under olika väder och lokala förhållanden klassificera fordonsmodellen. De ljudupptagningar som studerats är dels gjorda av FOI som en del av IAM i juni och oktober 2003, dels av ett företag i Sydsverige under november 2002 och maj 2003. Totalt ingår 14 olika fordonsmodeller. Utgångspunkt för klassificeringen är en vektor med lågfrekventa spektrala signalegenskaper estimerade från korta ljudklipp. Vektorn normaliseras och dimensionsreduceras som ett första steg, därefter sker klassificering med välkända metoder, t.ex. kvadratisk klassificerare eller supportvektorklassificerare. Den senare uppvisar särskilt goda prestanda och i kombination med temporal och spatial beslutsfusion uppnås vid validering på oberoende sensoruppställning en klassificeringsnoggrannhet på 90 %.

Kunskapsöverföring

Ett av syftena med att förlänga projekt IAM med ytterligare ett år var att överföra kunskap till andra projekt vid FOI och FMV marksensordemonstrator.

MOSART

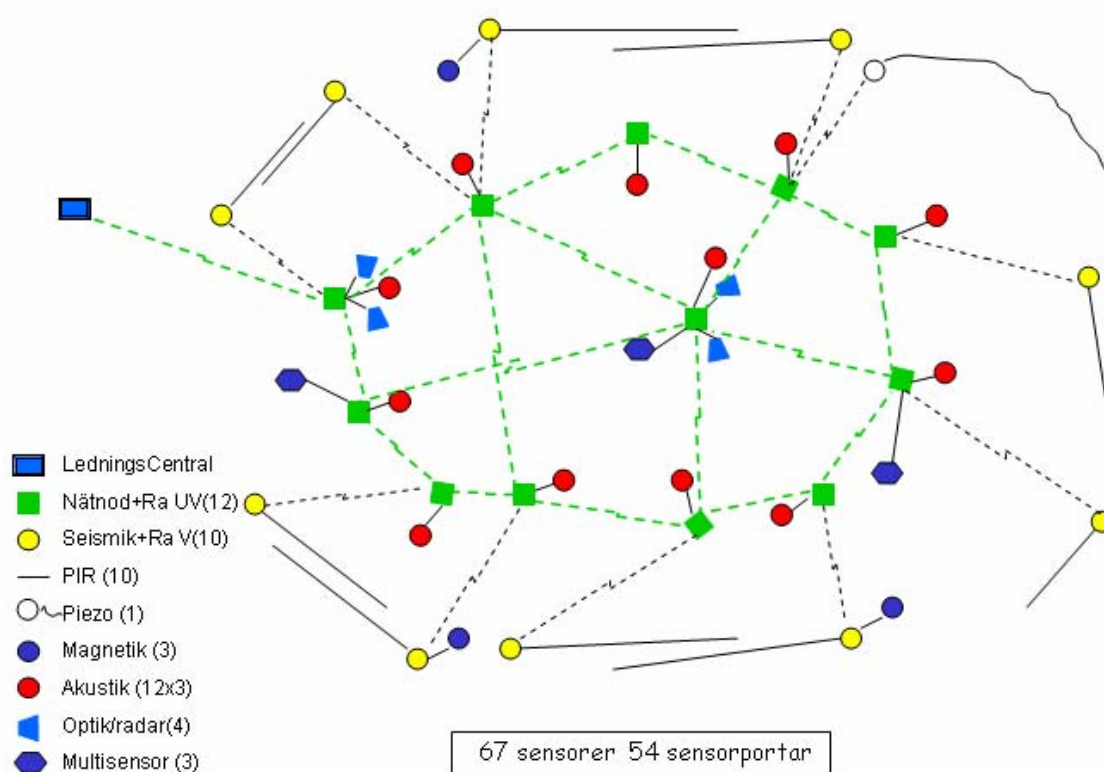
Under året har den modell av marksensornät som finns implementerad i simuleringsmiljön MOSART förfinats och vidareutvecklats. Marksensormodellen i MOSART har sedan används vid simuleringar genomförda inom ramen för projekten IS-MS och SEMARK.

FMV marksensordemonstrator

Under året 2004 till 2005 har kunskap levererats inom områdena datafusion, klassningsmetoder, akustik och sensorer till det marksensorsystem som utvecklas i samarbete mellan FMV, Saab, AerotechTelub och FOI. Under 2004 deltog FOI i specificeringen av både mjukvara och processorplattform. Valet föll på att använda en Windowsbaserad dator med ingångar som passar de tilltänkta sensorerna och de fördelar som finns med den inbyggda trådlösa kommunikationen i plattformen, se figur 1. I systemutformningsdelen av projektet var val av sensorer och sensorförmågor i fokus. Nätkonfigurationen som var utgångspunkt för FMV-projektet visas i figur 2.



Figur 1 PC-plattform för nodfunktion



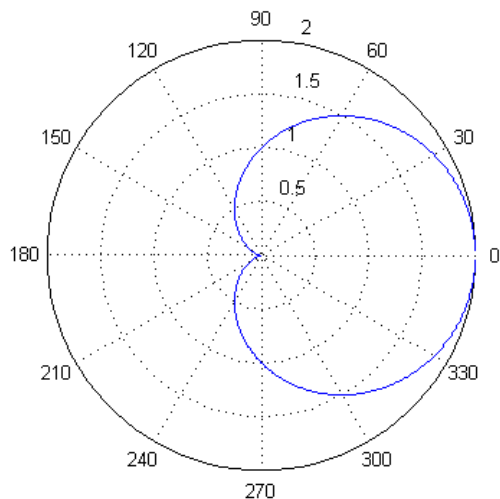
Figur 2 FMV marksensornät

Ett antal fältförsök genomfördes på S1, Enköping under 05 för att testa kommunikation, datafusion och sensorprestanda. De första försöken koncentrerades på systemintegrationsfrågorna näthantering, gruppering, detektion, följning och klassificering. För de akustiska sensorerna valdes platser för god täckningsgrad samt i största mån överlappande upptagningsområde för att underlätta målföljning. En av de stora frågorna som var i fokus efter försöken var radiokommunikationen där stora resurser avsattes för att lösa problematiken med att få stabilitet och täckning i nätet.

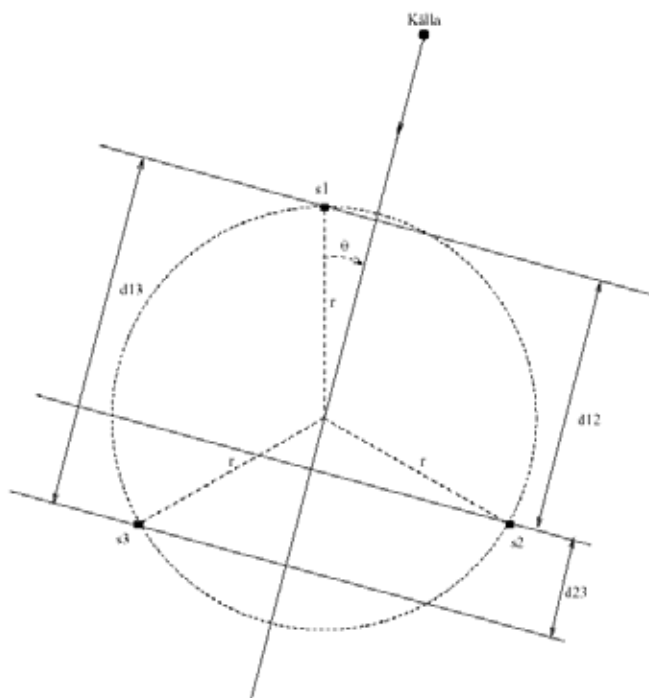
Akustisk sensornod

Den akustiska sensornoden är en variant av den som användes vid fältförsöken i IAM. Akustiska sensorer används för att detektera, klassificera, bäringsbestämma och positionera ljudkällor. När fler sensornoder finns kan målföljning ske genom att triangulera riktningarna från dessa.

Den akustiska sensornoden består av tre mikrofoner konfigurerade i en cirkulär array med 120 graders uppdelning, detta för att kunna estimerar bäringar till ljud från alla riktningar i horisontalplanet. Möjligheten att beamforma med mikrofonerna och hitta fler ljudkällor i närliggande bäringar begränsas av antalet mikrofoner, se figur 3. Fler samverkande sensorer ger en smalare lob och därmed bättre upplösning.

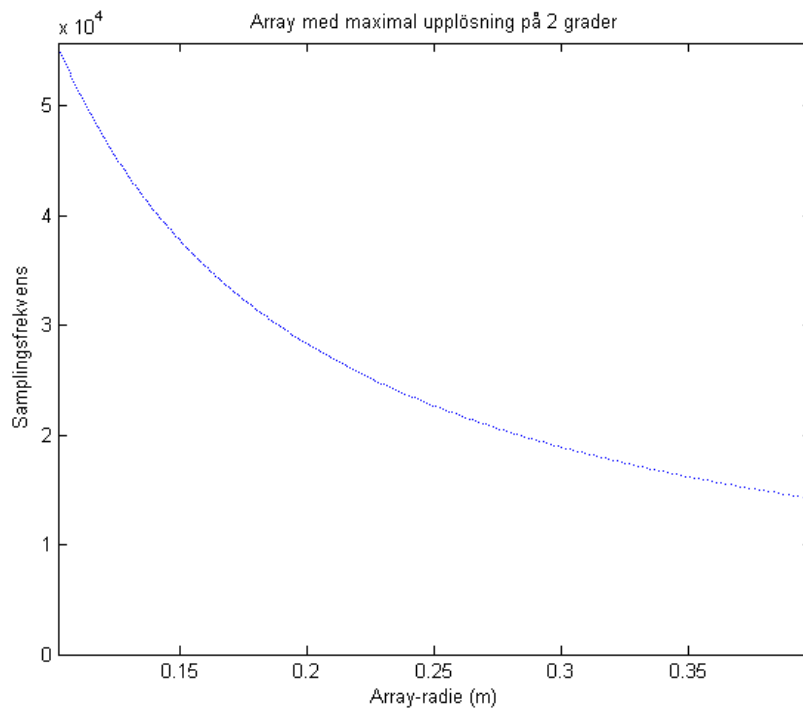


Figur 3 Riktningsskildring för två mikrofoner

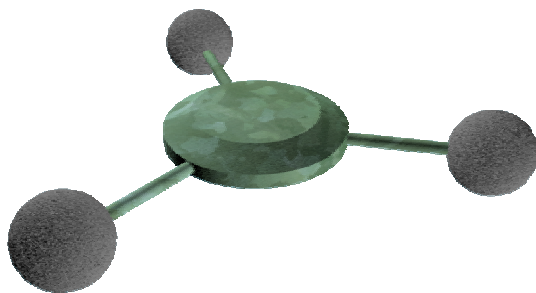


Figur 4 Riktningsestimering med tre mikrofoner

Riktningsestimeringen sker genom att beräkna korrelationen mellan signalerna från sensor s1, s2 och s3, se figur 4. Noggrannheten för estimeringen beror dels på den spatiella uppdelningen mellan sensorerna, samplingsfrekvensen och frekvensområde för den akustiska källan. Vi har valt en sensorradie på 250 mm, ett akustiskt område på 20-400 Hz och en samplingsfrekvens på 25 kHz vilket ger en noggrannhet på 2 grader, se figur 5.



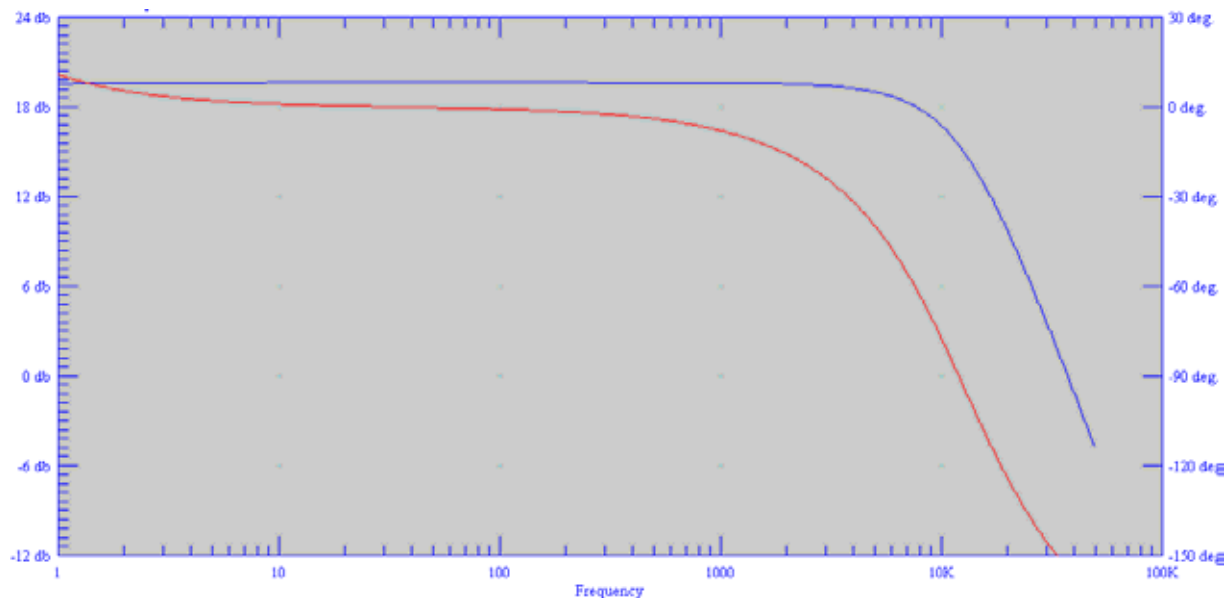
Figur 5 Dimensionering av sensornod



Figur 6 Sensorarray/nod

Mikrofonförstärkarna har en fast förstärkning på 20dB vilket innebär att signalen förstärks 10 ggr. Valet av förstärkningen beror på mikrofonkapselns känslighet på 10mV/Pa och uppskattat ljudtryck från markfordon samt relationen till bakgrunds-nivån i form av omgivningsbuller. Mikrofonkapseln som används är av typen elektret och matas med en drivspänning från mikrofonförstärkarkortet för att driva dess inbyggda FET-förstärkare. Det dynamiska omfånget hos sensornoden är anpassat till mikrofonernas egenbrus i relation till

förstärkningsfaktorn som ligger i paritet med bakgrunds-nivån. Maximal signalnivå innan överstyrning uppgår till drygt 130dB vilket medför att sensornoden kan placeras i nära anslutning till passerande fordon utan risk för distorsion.



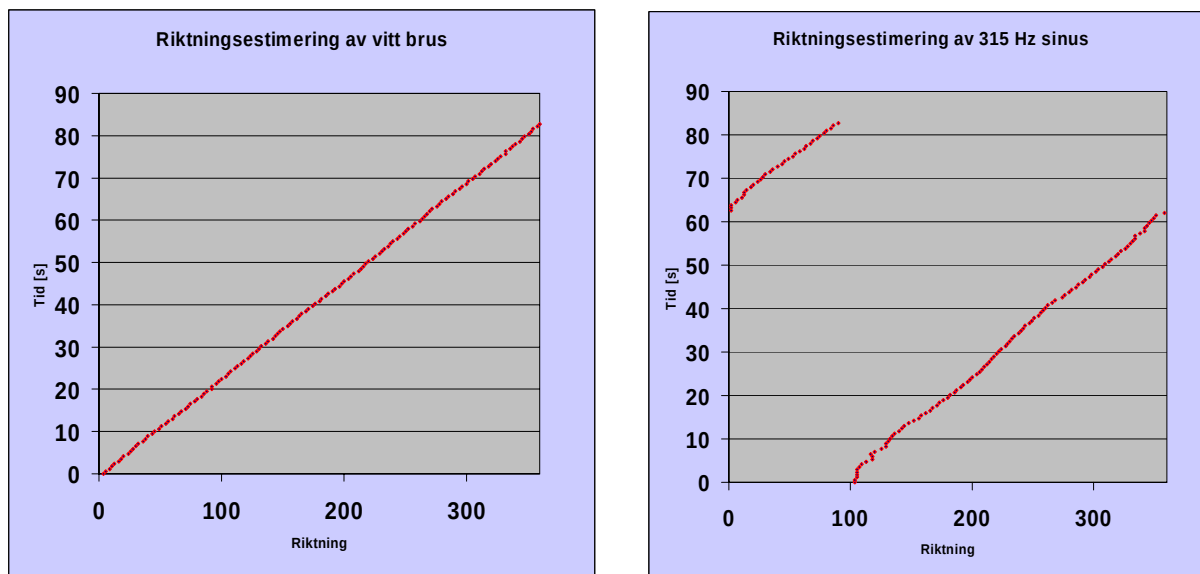
Figur 7 Frekvensrespons, förstärknin (blå kurva) och fasgång (röd kurva) för mikrofonförstärkare

Signalerna från sensorerna filtreras innan digitalisering i ett anti-vikningsfilter av 2:a graden med brytfrekvensen 12,5kHz vilket motsvarar Nyquist-frekvensen ($F_s/2$), se figur 7. Fäsvridningen orsakad av filtret är i det aktuella frekvensbandet försumbar. De frekvenser som ligger över den akustiska vikningen på 400Hz bör ej ha högre signalenergi än de i det lägre 20-400Hz då falska invikta bäringar kommer att påverka kvaliteten i bäringsestimeringen. Låga frekvenser under 20Hz bör dämpas med ett digitalt filter för att undvika störningar från vindbuller och andra signalkällor som kan maskera nyttosignalen. Vid normala driftsfall ligger nyttosignalen mellan 30-400Hz se figur 10, och högre upp i frekvens när ljudkällan är relativt nära och de ljudstrålande delarna är riktade mot sensorn.

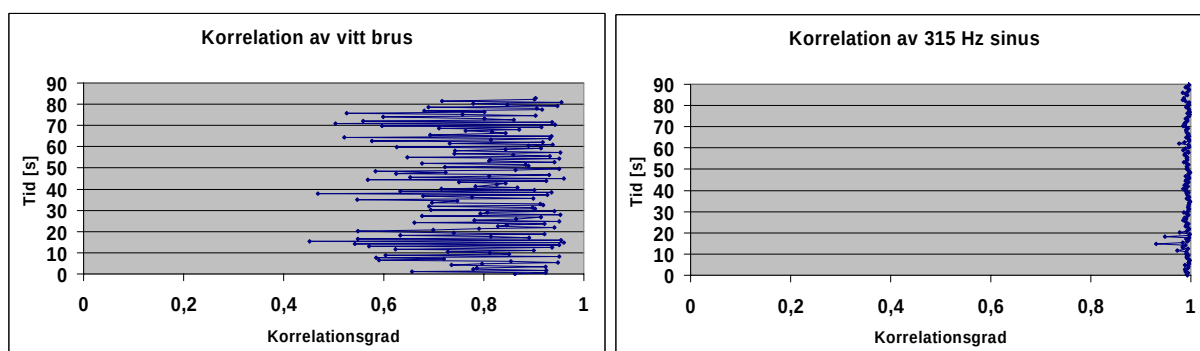


Figur 8 USB-baserat insamlingskort PMD-1608FS från Measurement Computing med 16-bitars upplösning och använd samplingsfrekvens på 25kHz

Verifiering av riktningsestimeringen har utförts i ett ekofritt rum för att undvika reflektioner av närliggande väggar, tak och golv. Frekvensområdet som använts vid verifieringen är 80-20kHz, brus samt 315Hz sinuston, se figur 9a-b. Den normerade korrelationsgraden kan ses som ett kvalitetsmått från 0-1 där 1 i skalan motsvarar 100 % korrelation mellan de bäringsestimerande sensorerna, se figur 9c-d.



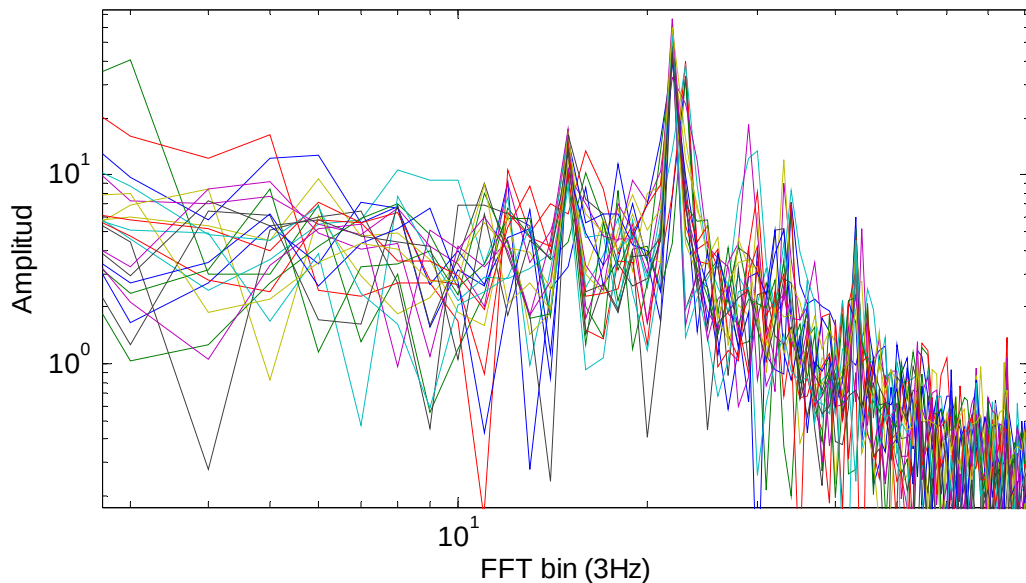
Figur 9a-b Mätning av ljudvinkel med direktkorrelationsmetoden med en brussignal (a) och en sinus (b)



Figur 9c-d Korrelationsgraden mellan de riktningsbestämmande sensorerna i sensornoden

Akustik

Akustisk utbredning påverkas av parametrar som temperatur, vind, nederbörd, terrängens beskaffenhet med avseende på topografi och vegetation. På nära avstånd (inom ett par hundra meter) är problemen med reflektion och vindbuller dominerande. Problemet med reflektion är att falska bäringar kan uppkomma även då direktljudet från ljudkällan är dämpat eller skymt av terrängen. Signalbehandling kan i vissa fall behövas för att filtrera bort dessa störningar i form av ett eko-dämpande filter eller ett riktningsfilter där ljudriktningar som betraktas som orimliga tas bort. Vindbuller avhjälps dels med vindskydd samt filter för att dämpa de låga frekvenserna (under nyttsignalens frekvensområde). Frekvensområdet för störande buller framgår av figur 10 där amplituden för signaler under 20 Hz överstiger nyttsignalens nivå, vilket kan resultera i falska bäringsestimeringar. Vid den aktuella mätningen användes enbart vindskydd som skydd mot buller vid låga frekvenser.



Figur 10 Figuren visar FFT insamlad under ett fältförsök. Upplösningen motsvarar 3Hz och ur figuren kan ett klart frekvensmönster skönjas från något under 30Hz till över 300Hz

Algoritmer för klassificering av markfordon

I IAM-projektet har ett flertal fordonsklassificerare testats som alla bygger på spektralskattningar av effektnormaliserade signaler från mikrofoner och geofoner, se [1, 2]. Effektnormaliseringen gör klassificeringen oberoende av signaleffekten och därmed robust mot variationer i mätutrustningens förstärkning och i viss mån även mot variationer i avståndet mellan mål och sensor. Motivet för att studera signalernas *frekvensspektra* är att dessa framhäver periodiska signalkomponenter och övertoner, *systematiska variationer*, samtidigt som de är helt oberoende av signalens fasläge eller tidsfördröjning, vilka här antas vara av underordnad betydelse för klassificeringen. Se [8] för en introduktion till klassificering av tidsserier. Den spektralskattning som används i IAM bygger på absolutbeloppet av den diskreta fouriertransformen (*periodogram*) tagen över rektangulära, icke-överlappande signalfönster på en halv sekund. Med hjälp av dessa korttidsspektra har i IAM-projektet uppemot 90% av passerande fordon klassificerats¹ korrekt. Med hjälp av temporal beslutsfusion har noggrannheten ökat ytterligare.

Klassificerare

Till de klassificerare som uppvisat bäst prestanda hör de som jämför nya signaler med signaler lagrade i ett stort klassbibliotek. Klassificering sker utifrån ett antal närmast liggande *signalgrannar* i detta bibliotek (k-nearest-neighbors, kNN), se [7]. Även *support vector classifiers* (SVC) har uppvisat goda prestanda jämförbara med kNN. Jämfört med de klassbibliotek som kNN kräver, lagrar dock SVC endast beslutsgränserna mellan klasserna och får därmed en avsevärt kompaktare representation och snabbare klassificeringsförfarande. SVC:n är relativt svår att implementera, åtminstone den del som beräknar beslutsgränserna (QP-problem²), se [5, 6]. Till de klassificerare som är *enklast att implementera*, men ändå tillåter relativt flexibla beslutsgränser, hör den *kvadratiske klassificeraren* (beslutsgränserna är kägelsnitt). Denna klassificerare är en Bayes klassificerare som under antagandet av gaussisk klassfördelning även kallas gaussklassificerare, eftersom den minimerar

¹ Med klassificering avses här associering med *fordonsmodell* – det som i många kretsar kallas *identifiering*.

² Quadratic programming, ett matematiskt optimeringsproblem.

klassificeringsfelsannolikheten då klassernas betingade täthetsfunktioner är kända gaussfördelningar, se [4]. Då spektralskattningarna bl.a. till följd av okända variationer i fordonshastighet och motorvarv är varken kända eller särskilt gausslika blir prestanda för denna klassificerare begränsad. Avvikelsen från gaussfördelning medför även problem att skatta tillförlitligheten i klassificeringen, dvs. det är svårt att avgöra om vi fått en träff i klassbiblioteket eller inte.

Implementering

I FMV:s marksensornätsdemonstrator har både *klassificerare* och *klassificering* formulerats som abstrakta Java-klasser. En klassificerare instansieras från en parameterfil (textfil) som enkelt distribueras över sensornätverket. Väl instansierad definierar klassificeringsobjektet en funktion som tar periodogram som indata och ger klassificeringsobjekt som utdata. Även klassificeringsobjekt ska kunna traversera nätverket och har metoder för att avgöra klassificeringen i klartext, klassificeringens tillförlitlighet etc. Fördelen med abstrakta klasser är att olika typer av klassificerare kan implementeras i samma ramverk och valet av klassificerare görs under exekvering och är helt transparent utåt sett.

Till dags dato har endast en robustifierad version av den kvadratiske klassificeraren implementerats i detta ramverk. Klassificeraren är en hybrid av förbehandling med principalkomponentanalys, se [11] sidan 65, och en kvadratisk beslutsfunktion enligt ovan. Parameterfilen representerar klassbiblioteket och genereras off-line i MATLAB. För att undvika kostnaden att samla in det omfattande statistiska underlag som en robust klassificerare behöver, har ett färdigt klassbibliotek insamlat av ett företag i Sydsverige utnyttjats. Även de klassbibliotek som insamlats inom IAM-projektet kan användas, se [9, 10], förutsatt att de ingående fordonen är aktuella. Endast akustiska upptagningar har använts för klassificering i FMV:s marksensornätsdemonstrator.

Slutsats

Prestandan hos klassificeringen i FMV:s marksensornätsdemonstrator har ännu ej till fullo utvärderats. Det har dock konstaterats att klassificering i fjärrfält fungerar mindre bra, vilket antas bero på att klassbiblioteket företrädesvis kommer från närfältsupptagningar. Däremot har närfältsklassificeringen fungerat bra trots att mätningar gjorts under väldigt skiftande förhållanden, dvs. olika underlag, väder och plats. Överhuvudtaget återstår det att utreda hur pass väl det använda klassbiblioteket stämmer med marksensornätsdemonstratorn, då det finns skillnader i mikrofonplaceringar och kanske även mätutrustning.

Den i marksensornätsdemonstratorn ingående målföljningsalgoritmen, och även eventuell datafusion, är beroende av att tillförlitligheten i klassificeringarna kan skattas. Såsom tidigare nämnts, fungerar denna skattning ej tillfredställande hos den kvadratiske klassificeraren. Därför blir en del av nästa fas i arbetet att integrera en SVC, vilken ger både bättre klassificering och därtill avsevärt bättre tillförlitlighetsskattning men till kostnaden av större komplexitet.

Urban miljö

Den urbana miljön kan inte beskrivas enkelt men präglas av att den till största del är skapad av människan med ett stort inslag av byggnader. Naturligtvis finns det i den urbana miljön även öppna områden, exempelvis parker. Den urbana miljön är också inte sällan direkt angränsande till vatten, exempelvis hamnområden.

Den urbana miljön erbjuder en mycket komplex arena för modern krigföring. Kombinationen av öppna gator och byggnader som i många fall ger ett bra skydd och utmärkta möjligheter att dölja förband med en omgivning där både kombattanter och civila blandas gör striden mycket påfrestande, främst psykiskt. Nya hot kan snabbt dyka upp som kräver beslut och åtgärder inom mycket små tidsramar.

De krav som strid i urban miljö ställer kräver utrustning som i högre grad än nu är anpassad till miljön och den taktik som nu utvecklas.

Sensornät i urban miljö

Ett sensornät i en urban miljö kan ge ett viktigt tillskott i förbands situationsuppfattning främst på kompaninivå eller motsvarande men kan vara motiverat även på lägre nivå. Den enskilde soldatens nytta av sensornätet ges av den information, uppgifter och order som ges till förband på lägre nivå. Brist på tid och de psykiska krav som ställs på den enskilde soldaten i strid i urban miljö gör att soldaten inte är mottaglig för stora mängder information från sensorer eller sensornät.

I följande avsnitt beskrivs några scenarier eller typsituationer som utvalts ur befintliga rapporter. Dessa representerar några situationer där nyttan av sensornät kan påvisas.

Scenarier

I takt med att vikten av att förmågan att verka i urban miljö har betonats har också ett stort antal scenarier och typsituationer för strid i urban miljö tagits fram och dokumenteras i rapporter och studier. I [16] finns exempel på typsituationer i vilka värdet av marksensorer beskrivs. Denna rapport liksom de flesta andra dokument som behandlar strid i urban miljö gör ingen prioritering eller värdering mellan beskrivna situationer. Det går därför inte utifrån dessa dokument att avgöra vilken eller vilka scenarier som är viktigast för olika förband eller vanligast förekommande för förband i utlandstjänst idag. Det är dessutom svårt att bedöma vilka situationer som kommer att vara viktiga i framtiden.

I denna rapport har tre scenarier valts som bedöms vara bra exempel på situationer där sensornät i avsevärd grad höjer förbandets förmåga. Dessa scenarier bedöms dessutom vara relevanta i den mening att de beskriver situationer som svenska förband i utlandstjänst kan komma att hamna i idag. Det är dock mycket svårt att bedöma dess relevans i ett längre tidsperspektiv.

Kravaller

Vid fredsbevarande och fredsframtvängande operationer är det av stor vikt att tidigt upptäcka händelser eller incidenter som om de får eskalera kan leda till att den väpnade konflikten mellan parterna blossar upp. Inte sällan är det händelser där den civila befolkningen är inblandande i och om den inte snabbt kontrolleras och dämpas kan leda till nya strider. En sådan händelsekedja kan upptäckas om man kan detektera förändringar i människors rörelsemönster, exempelvis genom att övervaka antal människor eller fordon av viss typ som passerar eller befinner sig på några utvalda platser, en uppgift som med fördel kan lösas med sensornät.

En händelse som ofta används som exempel på en upploppssituation är upploppet i Caglavica i Kosovo, [14]. De personer som deltog i den svenska styrkan som var på plats vittnar om brist på lägesuppfattning och tekniskt stöd för ledning och kommunikation. Även i detta fall skulle ett sensornät kunnat bidra positivt till förbandets förmåga. Exempelvis skulle sensorer

på flankerna för att upptäcka om folk försöker passera avspärningen underlättat svenskarnas arbete. Även här skulle det vara värdefullt att kunna "se" onormala beteenden och rörelsemönster i folkmassan liksom att kunna detektera och lokalisera eventuell skottlossning, andra explosioner eller skrik från personer i folkmassan. För att uppnå detta krävs ett nät där informationen från flera sensorer kombineras, exempelvis flera mikrofoner som tillsammans ger möjligheten till positionering av t.ex. en krypskytt. Den av nätverket beräknade positionen kan sedan användas för att optimera nyttan av andra sensorer. Finns kameraövervakning av området kan den beräknade positionen användas för att automatiskt styra den kamera som är bäst placerad för att täcka det område där krypskytten befinner sig.

Svårigheten i en upploppssituation är att det inte finns några möjligheter att förbereda utplaceringen av sensornätet då platsen för nästa upplopp med största säkerhet inte är känd.

Övervakning av redan kontrollerad byggnad

Ett svenskt förband framrycker längs en gata och genomför sökoperationer i angränsande byggnader. Syftet är att kontrollera att inga kombattanter gömmer sig i byggnaderna och att inte byggnaderna innehåller gömmor med vapen, ammunition eller sprängmedel.

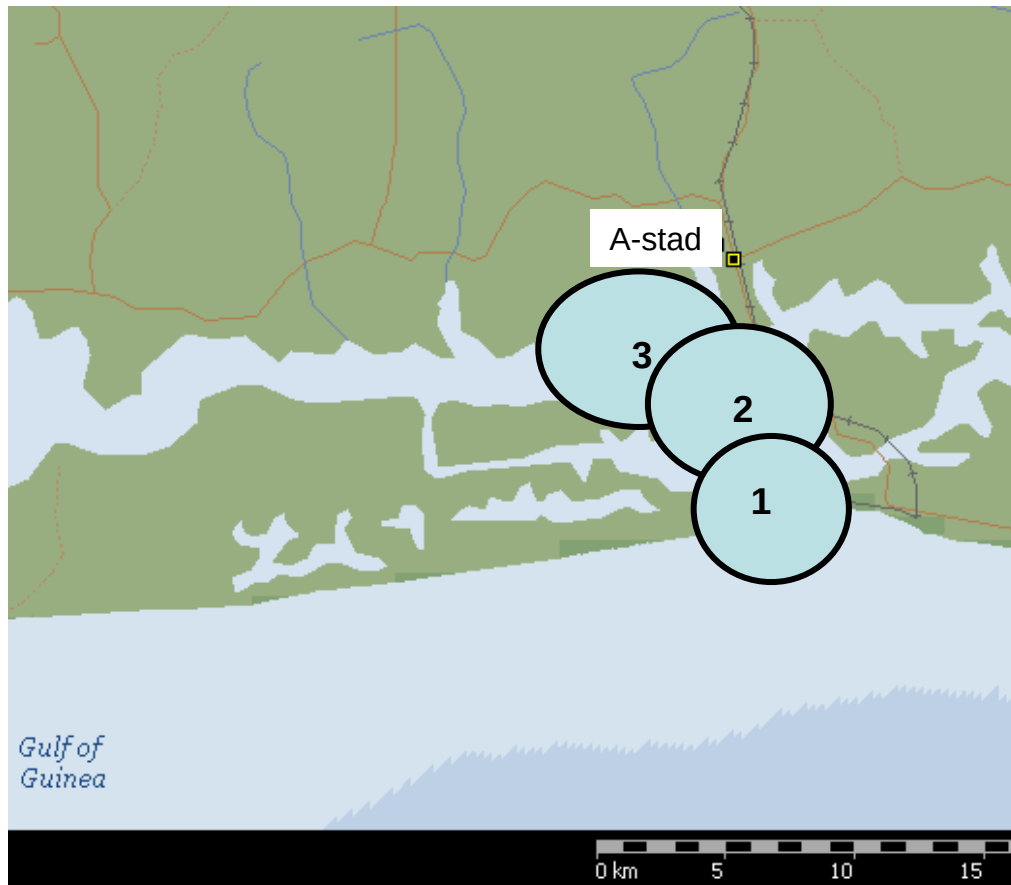
Förbandet använder sensornät utplacerade i gatukorsningar för att kunna övervaka folk och fordonsrörelser bakom den egna linjen.

Genomsökta hus övervakas med sensorer placerade på strategiska positioner i byggnaden så att eventuella personrörelser i huset i genomsökta delar kan detekteras.

I detta scenarium använder förbandet sensornät främst för egenskydd. Informationen från nätverket kommuniceras direkt till enskild soldat i förbandet. Svårigheten här är hur informationen skall kunna nyttiggöras för förbandet så att maximal situationsuppfattning uppnås. Kommunikation inom nätverket och till förbandet kommer också att vara en utmaning. Nyttan av att sensorerna i detta fall samverkar autonomt är begränsad. Däremot utgör sensornätverket också kommunikationssystemet där data från varje enskild sensor länkas mellan noderna till användaren.

Havsnära urban miljö

Marinen har i studier [13] tagit fram ett antal taktiska typsituationer i en maritim miljö. En av dessa beskriver en situation där är en svensk battle group med uppgift att etablera och vidmakthålla en (SPOD Seaport Of Disembarkation/Debarcation) i A-stad, se figur 11.



Figur 11 A-stadshamnorråde och omgivning

Hamnområdet ligger i direkt anslutning till stadens centrala delar. Hotet kommer från terrorister i små snabba motorbåtar.

Hamnområdet och närområdet utanför hamnen övervakas med undervattenssensorer och med radar från land. Dessutom övervakas hamnområdet med marksensorer, ljus- och mörkerkameror.

För att maximera nyttan av dessa sensornätverk krävs att sensorer av olika typer kan samverka och att informationen kan fusioneras. Genom att här inkludera både mark- och undervattenssensorer i samma sensornät kommer samverkan mellan sensorer att kunna ske snabbare än om all data skall kommuniceras till en gemensam central. Svårigheten i denna situation ligger just i att kunna uppnå denna samverkan mellan sensorerna.

Aspekter på kommunikation i urban miljö

Den urbana miljön erbjuder ett antal utmaningar för all typ av kommunikation där exempelvis byggnader kan ge stora skuggor för radiokommunikation eller en mycket komplicerad vågutbredning med flervågsutbredning.

Referenser

- [1] T. Eklöv, A. Lauberts, and R. K. Lennartsson. "Redovisning av signalbehandlingsmetoder för nätverk av marksensorer", FOI, Tech. Rep. FOI-R-1284-SE, June 2004.
- [2] M. Holmberg, A. Lauberts, and R. K. Lennartsson. "Slutrapport för projektet interaktiva adaptiva marksensornät (IAM)", FOI, Tech. Rep. FOI-R-1450-SE, December 2004.
- [3] T. Hastie, R. Tibshirani, and J. Friedman, "The Elements of Statistical Learning. Springer", 2001.
- [4] K. Fukunaga, "Introduction to Statistical Pattern Recognition", 2nd ed. Academic Press, 1990.
- [5] N. Cristianini and J. Shawe-Taylor, "An Introduction to Support Vector Machines." Cambridge University Press, 2000.
- [6] C.-C. Chang and C.-J. Lin, "LIBSVM: A library for support vector machines, 2001, Software available at <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm>.
- [7] W. Duch, "Similarity-based methods: A general framework for classification, approximation and association," Control and Cybernetics, vol. 4, 2000.
- [8] R. H. Shumway, "Discriminant analysis for time series," in Handbook of Statistics, P. R. Krishnaiah and L. N. Kanal, Eds. North-Holland Publishing Company, 1982, pp. 1–46.
- [9] H. Habberstad and F. Kullander, "Fältförsök med akustiska och seismiska givare för fordonsdetektion," FOI, Tech. Rep. FOI-R-0703-SE, December 2002.
- [10] H. Habberstad, Fältförsök med akustiska och seismiska givare i nätverk, FOI, Tech. Rep. FOI-R-1087-SE, December 2003.
- [11] D. Lindgren, "Projection techniques for classification and identification," Dissertation no. 915, Department of Electrical Engineering, Linköping University, Linköping, Sweden, 2005.
- [12] Å Waern, P Johansson, M Pettersson. "Kommunikation vid urban krigföring – Radio och Laser". FOI-R—1279—SE, 2004
- [13] Taktiska Typsituationer HKV 21 120:68480
- [14] G Pettersson, R Thurén, A Törne. "Upploppet i Kosovo/Caglavica 17-18 mars 2004" FOI Memo 1322, 2005
- [15] L Svensson et al. "Inledande studie Sensorer för urban miljö", FOI-R—1420—SE, 2004
- [16] N Tornesjö, Teknisk Underrättelseinhämtning i Urban miljö", Teknikuppsats utförd vid MSS, 2004