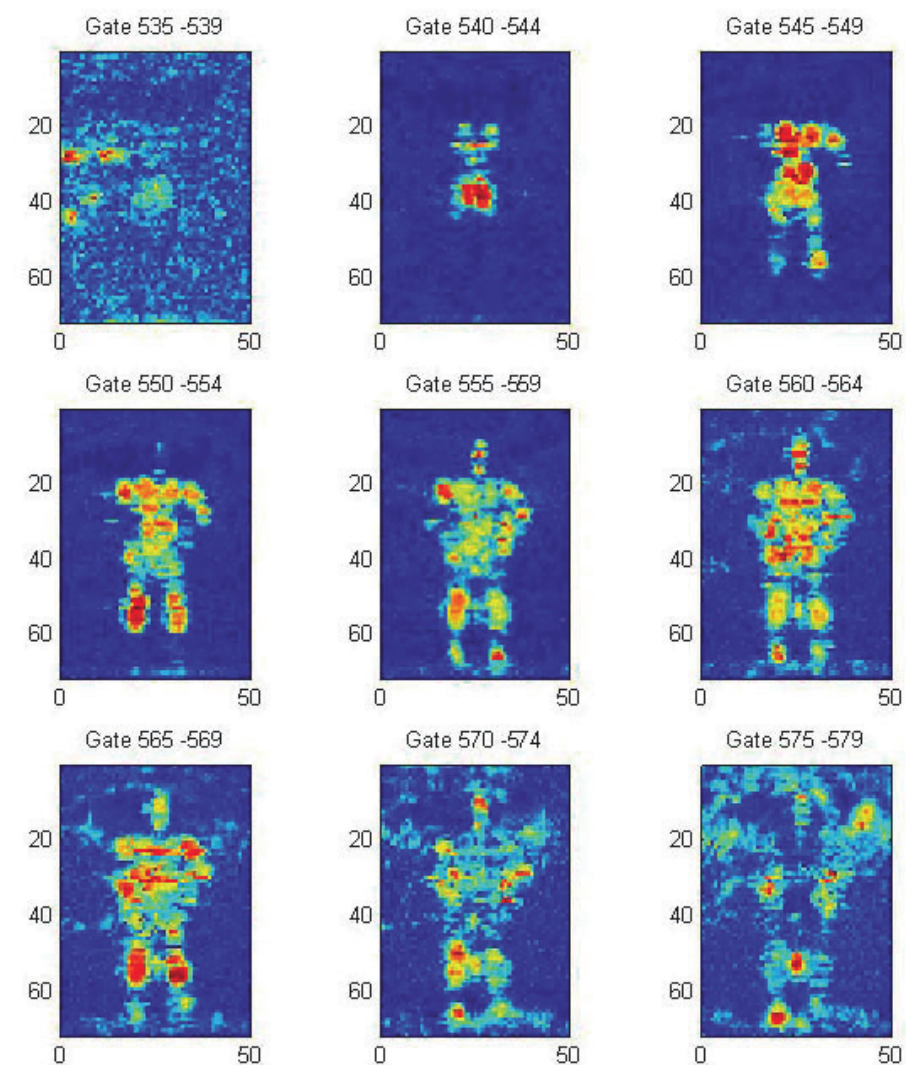


STEFAN NILSSON, DAN AXELSSON
MAGNUS GUSTAFSSON, ANNA JÄNIS
JAN KJELLGREN, AIN SUME
ANDERS ÖRBOM



FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Förvarsdepartementet. 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.

Stefan Nilsson

Dan Axelsson, Magnus Gustafsson Anna Jänis,

Jan Kjellgren, Ain Sume och Anders Örbom

***Teknisk värdering av nya sensorförmågor
för strid i bebyggelse***

Årsrapport 2005

Utgivare FOI - Totalförsvarets forskningsinstitut Sensorteknik Box 1165 581 11 Linköping	Rapportnummer, ISRN FOI-R--1862--SE	Klassificering Teknisk rapport
	Forskningsområde 4. Ledning, informationsteknik och sensorer	
	Månad, år December 2005	Projektnummer E3065
	Delområde 42 Spaningssensorer	
	Delområde 2	
Författare/redaktör Stefan Nilsson Dan Axelsson Magnus Gustafsson Anna Jänis Jan Kjellgren Ain Sume Anders Örbom	Projektledare Stefan Nilsson	
	Godkänd av Johan Söderström	
	Uppdragsgivare/kundbeteckning FM	
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig Stefan Nilsson	
Rapportens titel Teknisk värdering av nya sensorförmågor för strid i bebyggelse, Årsrapport 2005		
Sammanfattning (högst 200 ord) Föreliggande årsrapport sammanfattar andra årets verksamhet och redovisar de intressantaste resultaten inom det treåriga strategiska forskningsprojektet "Teknisk värdering av nya sensorförmågor för strid i bebyggelse". Under året genomfördes en omvärldsanalys avseende väggpenetrerande radarsystem, och här framkom att endast ett enda operativt system existerar (RadarVision /SoldierVision), men att utvecklingen av främst lågfrekventa UWB-system pågår i huvudsakligen USA och England. Ett viktigt konstaterande är att FOIs forskningsinsatser inom området står sig väl även vid en internationell jämförelse. Högupplösta avbildande radarmätningar av en person stående bakom olika typer av väggar har genomförts. Vinkelupplösningen i närfältet ökades genom att antennerna omfokuserades. Detta i kombination med en extremt hög bandbredd på 12 GHz gav extremt högupplösta radaravbildningar av personen genom såväl gips- som spånskivevägg. 3D-visualisering av personen avslöjade t.o.m. den pistol som var nedstoppad i ena bakfickan. Kartläggningen av transmissionsegenskaperna för ytterligare material genomfördes. Transmissionen för läder av varierande fuktighetsgrad bestämdes. Mätningarna visade att redan låga fukthalter gav mycket hög dämpning. FOIs dopplerradar -Miniradar - har utvecklats ytterligare. Konstruktionen har gjorts mer robust och all elektronik har integrerats på ett kretskort. Systemet har erhållit stor uppmärksamhet när det visats och en produktifiering är nära förestående. Experimentellt försök att positionera skymda ljudkällor i urban miljö med akustiska sensorer i nätverk har genomförts. Försöken visar att en positionsbestämning inom ± 10 m är möjlig.		
Nyckelord Se igenom väggen, väggpenetrerande radar, UWB-radar, dopplerradar, transmission, akustiska sensorer		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 29 s.	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista	

Issuing organization FOI – Swedish Defence Research Agency Sensor Technology Box 1165 581 11 Linköping	Report number, ISRN FOI-R--1862--SE	Report type Technical report
	Programme Areas 4. C4ISTAR	
	Month year December 2005	Project no. E3065
	Subcategories 42 Above water Surveillance, Target acquisition and Reconnaissance	
	Subcategories 2	
Author/s (editor/s) Stefan Nilsson Dan Axelsson Magnus Gustafsson Anna Jänis Jan Kjellgren Ain Sume Anders Örbom	Project manager Stefan Nilsson	
	Approved by Johan Söderström	
	Sponsoring agency Swedish Armed Forces	
	Scientifically and technically responsible Stefan Nilsson	
Report title (In translation) Technical assessment of new sensor abilities for urban warfare, Annual report 2005		
Abstract (not more than 200 words) This annual report summarizes the activities of the second year of the three-year strategic research project “Technical assessment of new sensor abilities for urban warfare”, describing the most interesting results. In the year, a survey with analysis was made of wall penetrating radar systems in the world. Only one operative system was found to exist (RadarVision/SoldierVision), but there is an ongoing development of primarily UWB systems, mainly in the US and England. An important finding is that FOI's research in this field holds its own in an international comparison. High resolution imaging radar measurements have been performed of a person standing behind various types of walls. The angular resolution in the near-field was improved by refocusing the antennas, which in combination with the large bandwidth 12 GHz gave very high resolution radar images of the person, through both plasterboard and chipboard walls. A 3-D visualization of the person even exposed the handgun tucked into one hip-pocket. An investigation was made of the transmission properties of other materials. The transmission of leather with various degrees of humidity was determined. The measurements showed that even low degrees of humidity gave very high attenuation. The FOI Doppler radar – the Miniradar – has been further developed. The design has been made more robust and all electronic equipment has been integrated on a printed circuit board. The system has attracted considerable attention when being presented, and a productification is close at hand. Experiments have been carried out to localize hidden sound sources in urban surroundings using acoustic sensors in networks. The trials show that an accuracy within 10 m is possible in position determination.		
Keywords See through wall, wall penetrating radar, UWB-radar, Doppler radar, transmission, acoustical sensors		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages 29 p.	
Price acc. to pricelist		

Innehållsförteckning

1	SYFTE OCH INRIKTNING AV PROJEKTET	6
2	BAKGRUND	8
3	VÄGGPENETRERANDE RADAR	10
4	OMVÄRLDSANALYS - VÄGGPENETRERANDE RADAR.....	12
5	AVBILDANDE VÄGGPENETRERANDE RADARMÄTNINGAR VID 28-40 GHZ.....	14
	5.1.1 Tillvägagångssätt.....	15
	5.1.2 Resultat.....	15
6	MODELLERING AV VÅGUTBREDNING GENOM VÄGGAR.....	18
7	UTVECKLING AV HANDBUREN VÄGGPENETRERANDE RÖRELSEDETEKTOR	20
8	BESTÄMNING AV TRANSMISSIONEN FÖR BYGGMATERIAL VID 2 - 110 GHZ	21
	8.1.1 Transmission uppmätt i vågledare.....	21
	8.1.2 Transmission uppmätt i frirymd.....	21
	8.1.3 Fuktighetsmätningar.....	23
9	AKUSTISKA SENSORER.....	24
	9.1 OMVÄRLDEN	24
	9.2 POSITIONERING AV LJUDKÄLLA - EXPERIMENTELLT FÖRSÖK	25
10	SKRIFTLIGA PUBLIKATIONER.....	27
11	PLANERAD VERKSAMHET UNDER 2006	28
12	REFERENSER	29

1 Syfte och inriktning av projektet

Att föra strid eller delta i fredsbevarande insatser i urban miljö är synnerligen riskfyllt uppdrag, inte minst när byggnader skall undersökas eller bevakas. Det traditionella tvådimensionella stridsfältet har i det nya urbana fallet ersatts av en tredimensionell mänskligt uppbyggd miljö som ställer helt nya krav på våra sensorsystem. Framtida internationella insatser i städer liksom nationella polisiära/militära insatser mot terrorister eller grov brottslighet är nya behovsområden för kvalificerad sorteknik. Behoven gäller såväl sensorer för spaning och bevakning som sensorer för kontroll av personer och fordon eller varor.

Huvudmålet för projektet är att höja FOIs sensorkompetens rörande korthållssensorer, genom att via experimentella mätningar klargöra vår nuvarande förmåga och våra begränsningar. Detta kan ses som en strategisk satsning och förberedelse inför fördjupade forskningsinsatser inom SIB-området och andra närliggande behovsområden. Projektet nyttjar och vidareutvecklar den kompetens och de sensorutrustningar som finns tillgängliga vid FOI. Endast mindre modifieringar av befintlig utrustning utförs.

Projektet avgränsas till att undersöka sådana sensorförmågor och tillämpningar där FOI idag har utrustning som bedöms vara intressanta ur SIB-synpunkt. Följande tillämpningsområden beaktas: urban stridsfältsovervakning, kontroll av byggnader (se genom väggar, fördragna fönster, mäta vibrationer, avlyssning), personkontroll (se igenom kläder/emballage för att upptäcka vapen, sprängämnen etc.).

Det är av stor betydelse vid värdering av framtida sensoralternativ inom SIB-området att FOI etablerar kunskap om transmissions- resp. reflexionsegenskaper för olika typer av material vid olika frekvenser. Denna materialkännedom ökar t.ex. möjligheten att välja optimal frekvens för genomlysning av väggar, eller att bedöma reflexionsegenskaperna vid flervägsutbredning. Inom projektets ram görs en viktig satsning på att experimentellt kartlägga transmissionsegenskaper för olika typer av byggnads-, emballage- samt klädesmaterial inom frekvensområdet 2-120 GHz (mikrovågs-området). Dylika data finns i stort sett inte redovisade i öppen litteratur. Den förvärvade kunskapen kan bidra till att åstadkomma effektivare signalbehandling som beaktar materialegenskaper. Vidare kan kartläggningen ge indata till teoretiska modeller (t.ex. studie av vågutbredning i byggnader).

Det är angeläget att etablera kunskap om radarsignaturen för olika typer av personburna hotobjekt (pistoler, knivar, spikbomber etc). Främst avses hotande föremål som kan gömmas under kläder eller i ryggsäckar, väskor etc. Experimentella högupplösta 3D-mätningar med Lilla Gåra systemet genomförs. Arbetet innehåller utveckling och implementering av dataprocesseringsmetod för interferometrisk ISAR. Resultatet från mätningarna samlas och ett preliminärt hotbibliotek upprättas, där karakteristika för objekten i olika frekvensband anges.

Projektet kommer vid avslut att leverera en samlad teknisk värdering av de olika sensorsystemens användbarhet i olika tillämpningar i urban miljö, samt deras potential för framtiden. Härvid kommer vissa rekommendationer att ges. Projektet kommer också

att leverera en databas bestående av transmissions- och reflexionsmätningar för olika typer av byggnadsmaterial som funktion av frekvens.

Effektmålet för projektet är att skapa en god plattform för framtida forskningsinsatser rörande närzonssensorer vid FOI, vid utveckling av nya sensorer för FM att användas vid strid i bebyggelse, men också vid utveckling av nya sensorer för civila behovsområden (personkontroll, kontroll av varor). Projektet kan även skapa en beslutsgrund för anskaffning av utrustning.

Föreliggande årsrapport sammanfattar andra årets verksamhet och redovisar de intressantaste resultaten inom det treåriga strategiska forskningsprojektet "Teknisk värdering av nya sensorförmågor för strid i bebyggelse".

Under 2005 har följande fyra delområden studerats:

1. Transmissionsegenskaper för olika material

- Experimentell bestämning av transmissionsegenskaper för byggmaterial, textilier och emballagematerial i frekvensområdet 2-110 GHz.
- Bedömning av förmågan att "se igenom" olika material vid olika frekvenser.

2. Penetrerande radar - avbildning av människor genom väggar och vapen genom kläder (experimentella mätningar och simuleringar)

- Avbildande högupplösta mätningar av människa bakom vägg (28-40 GHz)
- Avbildande högupplösta mätningar av vapen gömt under kläder (28-40 GHz)
- Avbildande lågupplösta mätningar av vapen gömt under kläder (94 GHz)
- Avbildande beräkning av människa bakom vägg (35 GHz)
- Omvärldsanalys av pågående internationell systemutveckling rörande väggpenetrerande radar

3. Dopplerradar - detektion av mänskliga rörelser genom väggar

- Utveckling av integrerad handburen dopplerradar för detektion av rörelser genom väggar och andra hinder. Systemet benämns *Miniradar II*.

4. Akustiska sensorer - Positionering av ljudkällor med akustiska sensorer i nätverk

- Experimentellt försök att positionera ljudkällor i urban miljö med akustiska sensorer i nätverk.

Laserradarverksamheten slutrapporterades under föregående år [11] och akustiska sensorer slutrapporteras i år. Övriga verksamheter är fleråriga. Under året har en omvärldsanalys utförts, vilken inriktats mot väggpenetrerande radarsystem.

Ett nära samarbete har skett med projekteten *Nanokomponenter i THz området (E39506)* och *Sensorteknik för urban miljö (E3081)* som båda delfinansierat verksamheten rörande "se igenom väggen"-mätningar. Det förra projektet har även stöttat verksamheten rörande transmissionsmätningar.

2 Bakgrund

Städer har genom sitt symbolvärde, geografiska placering, koncentration av makt och rikedom varit strategiska mål för många historiska konflikter. Den nutida situationen utgör inget undantag, en allt större andel av världens befolkning bor i städer, och denna trend förstärks allt mer. Städernas strategiska betydelse har idag blivit än mer uttalad. Sannolikheten för att framtida militära konflikter förläggs till städer ökar således, och städerna blir samtidigt allt intressantare måltavlor för olika former av terrorism. Senare års konflikthärddar och terroristattentat vittnar tydligt om detta.

Den komplexa urbana miljön skiljer sig avsevärt från det traditionella tvådimensionella slagfältet, karakteriserat av långa obrutna siktlinjer, vilka övervakades med hjälp av långräckviddiga spaningshjälpmedel. Det nya urbana stridsfältet är tredimensionellt, artificiellt, och motståndare blandas med civil befolkning. Strid i bebyggelse innebär korta stridsmoment med synnerligen hög intensitet och korta stridsavstånd från någon meter och sällan överstigande 100-200 m. Denna miljö ställer helt nya krav på taktisk disposition, soldaternas förmåga, och inte minst på förmågan hos understödjande sensorsystem. Bland de nya sensorförmågor som efterfrågas, är knappast någon högre prioriterad än förmågan att från utsidan kunna ”se igenom” väggar, golv och tak i byggnader. Få moment i den urbana striden är mer riskabla för den enskilde soldaten än då byggnader ska genomsökas. Utrustad med ett sensorsystem som kan detektera om ett angränsande rum innehåller människor eller inte, kan vara helt avgörande för utgången av uppdraget. Väggenetrerande sensorförmåga är samtidigt mycket intressant vid olika typer av polisiära insatser mot grov brottslighet eller terrorism.

I augusti 1999 startade US Air Force Research Laboratory Information Directorate (AFRL/IF) och National Institute of Justice (NIJ/OST) ett gemensamt program för att demonstrera existerande sensorer, och utveckla nya sensorer, för detektion av gömda vapen och övervakning av personer genom väggar. I USA är dessa förmågor de högst prioriterade på såväl statlig som delstatsnivå.

United States Army och United States Marine Corps har insett att man saknar det teknologiska övertaget i den urbana miljön jämfört med andra miljöer. Tillsammans formades Urban Terrain Advanced Concept Technology Demonstration (MOUT ACTD), för att visa på de militära behoven av ny teknologi kombinerad med nya operationella koncept för att öka stridande förmåga och överlevnad hos armé- och marinkårssoldater [12]. Inom MOUT ACTD har 32 operationella krav identifierats för vilka teknologiska lösningar söks. Det sjunde kravet avser väggpenetrerande sensorförmåga. Idealt ska detta vara en liten handhållen sensor med kapacitet att snabbt avgöra om ett rum är tomt, eller ockuperat av vän eller fiende.

I Kanada har Royal Canadian Mounted Police (RCMP) och Canada Customs and Revenue Agency (CCRA) uttryckt intresse för en teknologi för detektion av vapen och droger genom kläder och bagage [1].

Inom den svenska Försvarsmaktens studie MOUT 2010 har man genomfört studieförsök samt studerat olika ämnesområden för att hitta materiel och metoder för att höja effekten för förband vid genomförandet av insatser i bebyggelse. I studien beaktas såväl den nuvarande som den framtida organisationen. FM anger att förmågan att inhämta och delge underrättelser på bataljons-, kompani- och plutonsnivå måste förbättras. FM måste etablera förmåga att se "runt hörn" och "se in" i byggnaden. Utredningen konstaterar att utveckling av utrustning för detektion av rörelser eller respiratoriska rörelser genom vägg eller hinder pågår. Syftet är att kunna hitta en motståndare eller civila innan insats sker. Studien anser att tekniken är mycket intressant och är ett nödvändigt verktyg vid insats i urban miljö. I Norrköping i februari 2005 genomfördes, på initiativ av Markstridsskolan /StritekE, demonstration av det amerikanska väggpenetrerande systemet "Soldier Vision". Studien rekommenderar Försvarsmakten att genomföra fler materielförsök med den här typen av utrustning så fort den är operativt mogen.

3 Vägghpenetrerande radar

Mikrovågor har till skillnad från EM-strålning i det optiska våglängdsbandet (används i IR- och Laser) förmåga att passera igenom optiskt täta material. Denna penetrationsförmåga beror av radiovågens frekvens, det aktuella materialets tjocklek och dess dielektriska egenskaper. En allmän tumregel är att radiovågor med låg frekvens dämpas mindre i ett visst specifikt material än mer högfrekventa radiovågor. Ju högre dielektricitetskonstant (svarar mot förmågan att leda elektrisk ström) desto mer dämpas radiovågen i materialet. I det extrema fallet där materialet utgörs av perfekt ledande metaller sker ingen genomträngning. Väggar, tak och golv i de flesta förekommande byggnader är normalt inte tillverkade i metalliska material. Undantag finns dock, och de utgörs främst av ytterpaneler och yttertak i plåt. I betongväggar förekommer ofta armeringsjärn och i övriga väggar finns ofta elektriska ledningsdragningar. Metalliska skikt är helt dämpande medan mer glesa linjestrukturer, såsom armeringsjärn, medger viss transmission.

Med denna bakgrund blir den naturliga systemlösningen för att se igenom väggar och andra hinder baserad på radarteknik. Visserligen kan system baserade på ultraljud utgöra ett alternativ som klarar att penetrera metalliska väggar, men problemen med hög luftdämpning, flerskiktsutbredning och avsaknad av stand-off förmåga, gör denna teknik alltför begränsad [17].

Genom att utsända mikrovågsstrålning med känd vågform (CW, FMCW, puls, etc) kan information inhämtas om objekt som befinner sig bakom väggen. Den del av radarstrålningen som penetrerar väggen, reflekteras av bakomliggande objekt, och transmitteras åter genom väggen för att slutligen insamlas av mottagarantennen. Genom lämplig systemutformning och lämpliga signalbehandlingsmetoder kan såväl avstånd som riktning till objekten bestämmas. En grundförutsättning för detektion är dock att signalbrusförhållandet S/N är tillräckligt stort. Genom att utsända en bredbandig signal kan förmåga till avståndsupplösning erhållas. Ju större bandbredd, B , som används, desto högre blir avståndsupplösningen Δr , enligt uttrycket:

$$\Delta r = \frac{c}{2B}$$

Förmågan till hög avståndsupplösning kan användas för att separera objekt i avstånd och för att detektera radiella lägesförändringar (rörelser) hos ett objekt. Ett sätt att generera bredbandig radarstrålning är att utsända mycket korta pulser. Den systemutveckling som pågår runt om i världen rörande vägghpenetrerande radar är främst inriktad mot system som utnyttjar extremt bredbandiga signaler, s.k. UWB (Ultra-Wideband) radar.

Definitionen på UWB är att bandbredden är minst 25 % av centerfrekvensen. Det finns tre olika metoder att generera UWB: 1) frekvensmodulation, 2) stegad frekvens, 3) utsändande av korta pulser (SP, Short Pulse). UWB SP radar är den vanligaste metoden och typiskt utsänds pulser med varaktighet från 0.1 ns till några få ns.

Poliser har i mer än ett decennium tagit hjälp av markpenetrerande UWB-radar vid sökandet efter nedgrävda föremål [18]. Denna teknik att penetrera jordlager kallas GPR

(Ground Penetrating Radar) och utvecklades från början för detektion av minor. Erfarenheterna från denna applikation kan nu utnyttjas för detektion genom väggar.

Användningen av UWB-radar måste ske med försiktighet eftersom den naturligt riskerar att störa ut viktig radiokommunikation. Den 14 februari 2002 utfärdade den amerikanska statliga myndigheten FCC (Federal Communication Commission) en s.k. "Report and Order" som reglerar försäljning och användning av produkter baserade på UWB-teknik [5][6]. I denna standard föreskrivs tillåtna frekvensband och aktörer. Väggenreterande UWB-radar anges explicit och FCC meddelar att sådana system tillåts operera på frekvenser under 960 MHz eller inom frekvensbandet 1.99-10.6 GHz. Vidare fastslår FCC att användningen av dylika system (som detekterar position eller rörelser av personer och andra objekt genom väggar) begränsas till poliser, brand- och räddningspersonal. Den tillåtna frekvensdomänen för TWS* är medvetet försiktigt tilltagen, eftersom erfarenheten från användning av dylika system är ringa, då produkter i princip saknas. FCC kommer med jämna mellanrum att göra översyn av denna standard och med tiden kan det tillåtna frekvensområdet komma att utvidgas. FCC meddelar att eventuella överträdelse mot denna standard kommer att bemötas kraftfullt.

De radarsystem som utvecklas för att se igenom väggar är huvudsakligen utformade för att detektera ett statiskt eller ett rörligt mål. Detektion av statiska objekt använder en eller flera av de rumsliga dimensionerna för att skapa en tolkningsbar bild. Framförallt är det förmåga till hög vinkelupplösning (tvärsledd) som här eftersträvas. Vinkelupplösningen ökar med frekvensen och med antennaperturens storlek. För att bygga upp en bild med hög vinkelupplösning krävs att antennen snabbt kan inriktas till nya positioner (antingen mekaniskt, via spegelsystem eller helst genom elektrisk styrning). Detektion av rörliga objekt nyttjar den reflekterade signalens förändring i doppler. Beträffande människor är såväl normal rörelse som andningsrörelser möjliga att detektera. I en statisk omgivning är dopplerförskjutningen från en människa i rörelse fri från klotter och även mycket svaga signaler blir möjliga att detektera [10].

Det finns flera faktorer som begränsar möjligheten att se igenom väggar med radar och en del av dessa faktorer är mindre kända. Den viktigaste begränsningen är den dämpning av radarvågen som olika väggmaterial orsakar. I vissa innerväggar, t.ex. gips, är dämpningen relativt låg medan andra byggmaterial som armerad betong uppvisar hög dämpning. Fuktighetshalten i materialen är en annan viktig faktor som starkt begränsar radarvågors genomträngning. Klotterbetingelser och målobjektets radarspridande egenskaper är lite kända och mycket information saknas här [9].

Passiva system som nyttjar att personer utsänder egenemitterad mikrovågsstrålning, alternativt att personer blir belysta av någon naturlig eller artificiell mikrovågskälla är intressanta för att detektera gömda vapen, etc under kläder. Men dessa system är knappast aktuella för att kunna detektera människor genom väggar då de förhållandevis låga effekterna dämpas för mycket.

* I den engelskspråkiga litteraturen förekommer olika förkortningar som anknyter till väggpenetrerande radar: TWI - Through-wall-imaging, TWS - Through-wall-sensing, TTW - Through-the-wall.

4 Omvärldsanalys - väggpenetrerande radar

I FOI-rapporten [13] redovisas en omvärldsanalys rörande väggpenetrerande radar som genomförts i samarbete med projektet *Sensorteknik för urban miljö*. Arbetet syftar till att ge en översikt av pågående systemutveckling angående väggpenetrerande radar. Publikationer innehållande experimentell bestämning av transmissionsegenskaperna för olika typer av väggmaterial redovisas översiktligt. Rapporten beskriver också kortfattat den verksamhet rörande väggpenetrerande radar som bedrivs vid FOI Sensorteknik i Linköping.



Figur 1. Till vänster visas TimeDomains SoldierVision-system. Notera displayen nära kanten. Den högra bilden ger ett exempel på hur två objekt i rörelse framträder på olika positioner i operatörens display. Källa: <http://www.radarvision.com>

Den omvärldsanalys som genomförts konstaterar följande:

- Med bakgrund av det angelägna internationella behovet av system för att detektera människor genom väggar etc, är det anmärkningsvärt att hittills endast ett enda operativt system tagits fram: RadarVision/ SoldierVision (Figur 1).
- Få systemrelaterade referenser härrör från de två senaste åren. En möjlig förklaring är att systemutvecklingen idag anses så strategiskt viktig att den belagts med restriktioner.
- Det har generellt varit svårt att inhämta mer detaljerad systeminformation såsom specificering av fundamentala parametrar eller som mer i detalj beskriver systemlösningar och signalbehandlingsmetoder. T.ex. är frekvensintervallet för SoldierVision obekant. Denna bristande information har gjort det svårt att jämföra de olika systemkoncepten med varandra.
- Bärbara systemkoncept existerar t.ex. MARS, RadarVision/SoldierVision, RadarFlashlight, TNO och FOI Miniradar II.
- Flertalet av de väggpenetrerande systemkoncept som identifierats vid kartläggningen är av typen UWB SP - radar. Den använda frekvensen är typiskt några GHz, vilket ger relativt god penetrationsförmåga genom torra ytterväggar. Dessa låga frekvenser är dock inte tillräckliga för att generera högupplösta reella avbildningar av personer bakom väggar. I fallet med innerväggar av spånskiva och gips är det fullt möjligt att operera i millimetervågsbandet (över 30 GHz) och

härvid skapa förutsättningar för högupplösta avbildande system. Detta har bl.a. tydligt visats genom de mätningar som utförts vid FOI med IR/mm- och Lilla Gårasystemet.

- Renodlade dopplersystem baserade på CW-teknik, liknande FOIs Miniradar II, finns inte operativt tillgängliga.
- Behovet av sensorsystem som på stand-off-avstånd klarar att utifrån kartlägga byggnaders inre struktur och riktningen till möjliga dopplerkällor är stort. Dylika system torde baseras på någon form av SAR-metod. Denna information ger militärer/poliser förmåga att kunna orientera sig i byggnader. Om informationen också kombineras med ett rörelsedetekterande system kan en förhöjd förmåga att lokalisera motståndare i byggnader erhållas.
- Vad beträffar bestämning av transmissionsegenskaper för olika typer av material finns ingen publicerad motsvarighet till det arbete som genomförts vid FOI, vad beträffar spännvidden av undersökta material och det vida frekvensområde som beaktas (2-110 GHz).
- Ett viktigt konstaterande är att FOI Sensortekniks systemarbeten och experimentella resultat rörande väggpenetrerande radar står sig väl också vid en internationell jämförelse.

5 Avbildande väggpenetrerande radarmätningar vid 28-40 GHz

Se-genom-vägg-mätningar har gjorts med ett bildalstrande radarsystem i frekvensbandet 28-40 GHz. Mätutrustningen som användes ingår normalt i instrumentparken på FOIs mätplats Lilla Gåra. Den har byggts om till ett mer kompakt utförande och utgör nu en transportabel, generell mätresurs, med ett antennsystem och sändar-, mottagar-, styr- och registreringsdelar. Figur 2 visar utrustningen på plats på takmätplatsen i FOI-huset, Linköping, med antennerna i dörröppningen utåt Q-husets takmätplats.



Figur 2. Mätsystemet med styr- och registreringsutrustning, samt vridbord med sändar- och mottagarantennerna.

Systemets viktigaste data:

Princip	Frekvensstegad, tidsgrindad CW ("continuous wave") -radar
Effekt	26-29 dBm
Frekvensområde	Vid försöket: 28-40 GHz (totalt 300 MHz-110 GHz)
Avståndsupplösning	1.25 cm
Frekvensstegning	1001 frekvenser i steg om 12 MHz
Stegtid	10 μ s /frekvens
Antenner	2 st paraboloider, fokuseringsbara i avstånd
Diameter	0.328 m
Fokalavstånd	0.116 m
Fjärrfältlobbredd (40 GHz)	1.3°
Antennvridbord	azimut och elevationsstegning; använd steglängd 0.2-0.5°
Mottagare	Koherent (amplitud och fas)

Mätobjekt utgjordes av personer, med och utan vapen (pistol) bakom vägg av tre olika material enligt följande tabell:

Material	tjocklek	antal skikt
Gips	1.25 cm	2 st *
Spån	1.25 cm	enkelvägg
Tegel	11.0 cm	enkelvägg

* med 5 cm mellanrum mellan skikten



Figur 3. Mätupställning med radarregistrering av person bakom gipsvägg.



Figur 4. Antennfixtur konstruerad vid FOI. Den speciella konstruktionen gör det möjligt att omfokusera antennerna.

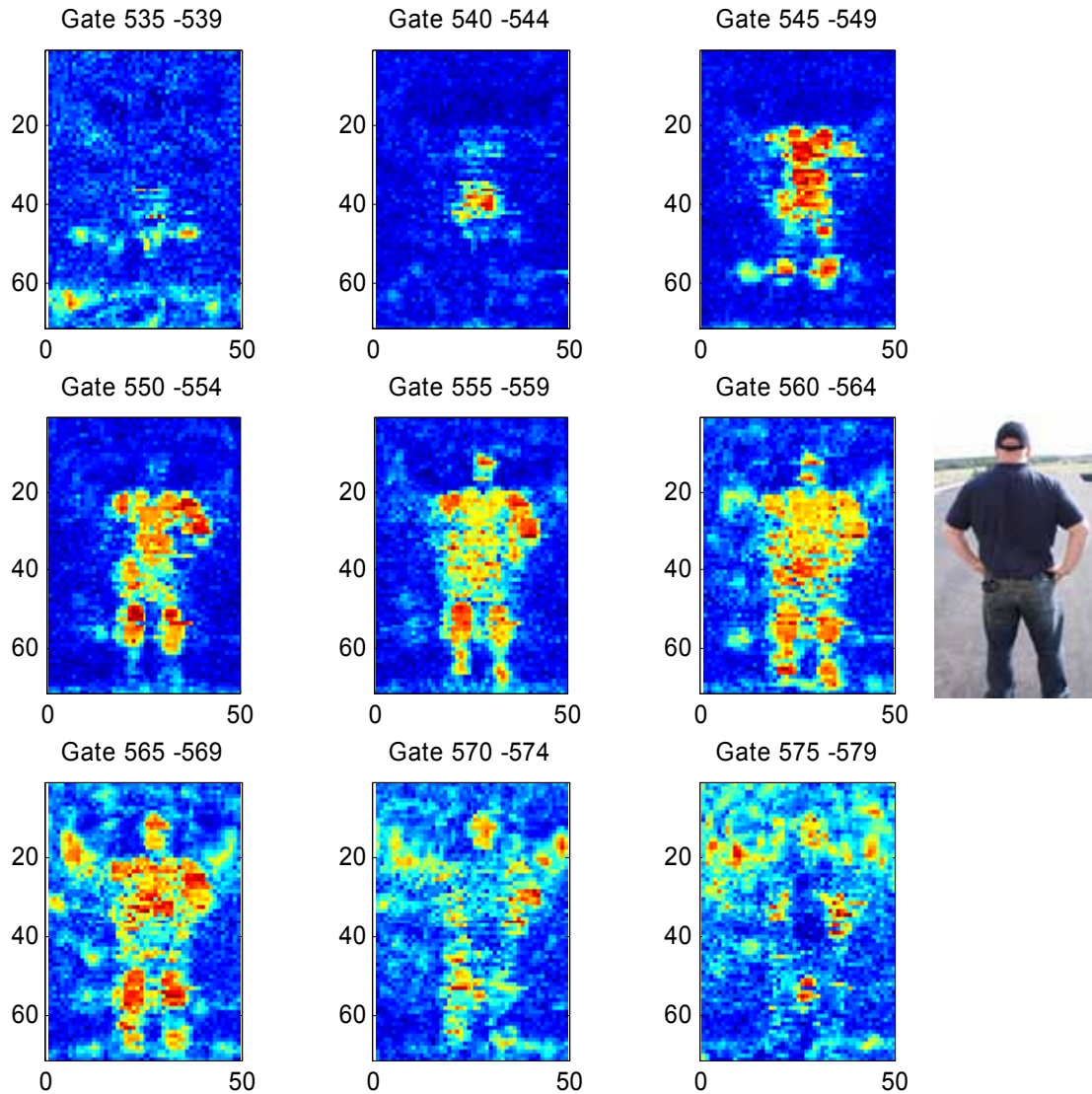
5.1.1 Tillvägagångssätt

Mätningarna gjordes på stillastående person bakom vägg (Figur 3), med variation av alla tre inbördes avstånd mellan radar, vägg och person. Radarbilder genererades genom stegning av vridbordet med antennsystemet i azimuth och elevation. I varje riktning stegades frekvensen över intervallet 28-40 GHz, i 1001 steg.

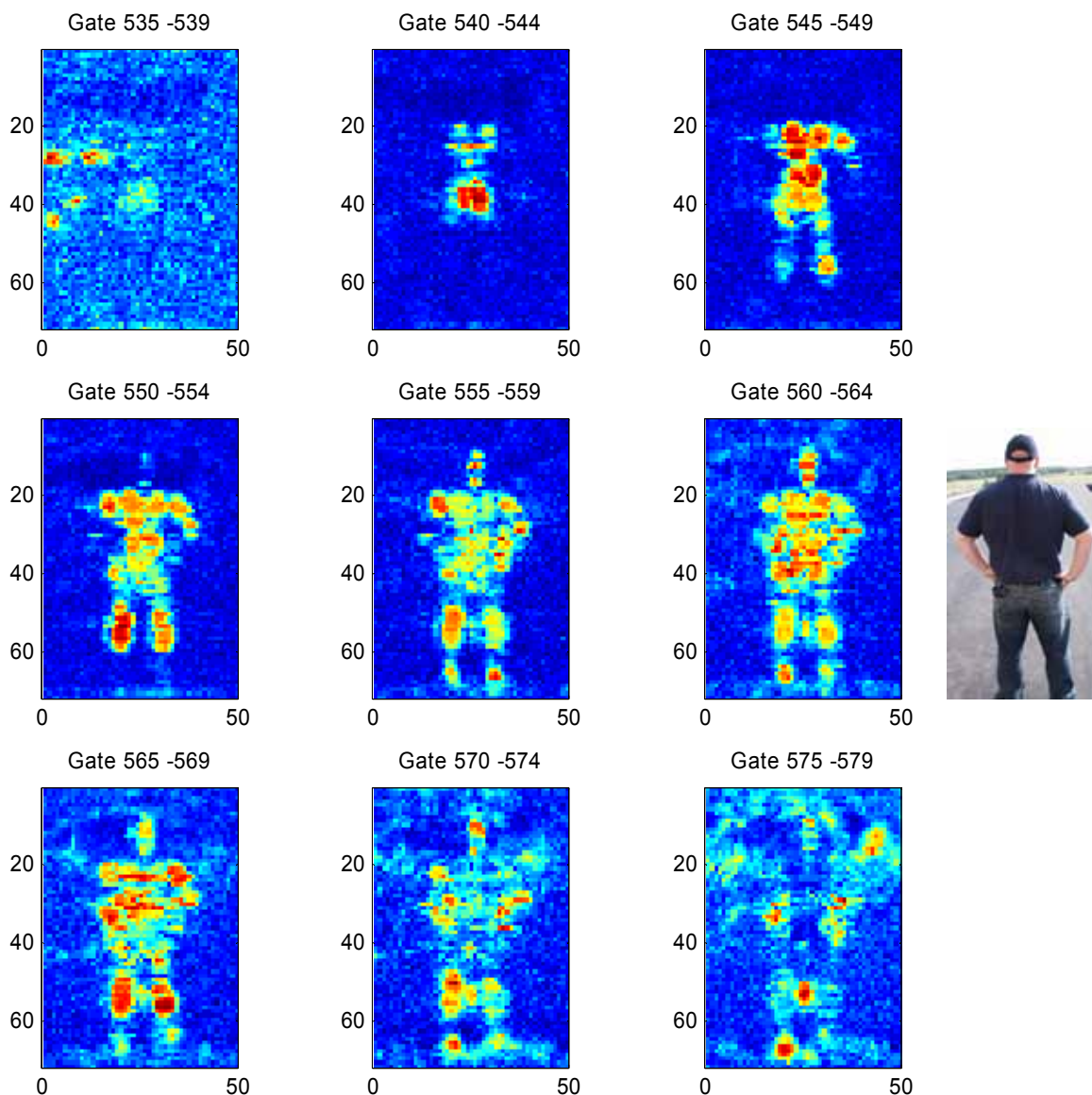
Mätningarna inriktades speciellt mot registreringar på korta avstånd till mätobjekten, varvid antennerna omfokuserades för varje mätning mot det aktuella avståndet. Antennerna var fästa i en speciellt tillverkad aluminiumfixtur (Figur 4), som medgav omfokusering. Denna bestod i att dels båda antennerna riktades mot en gemensam riktpunkt på mätobjektets kortaste avstånd till radarn och dels att fokus för varje antenn försköts till detta avstånd med hjälp av förskjutning av respektive matare. Det senare förfarandet har dokumenterats i [14]. Utan omfokusering har man i antennernas närområde, upp till ca 25 m avstånd vid frekvensen 40 GHz, en tvärsupplösning ungefär lika med antenndiametern 30 cm, medan man med en närfokusering för uppställningen i Figur 3 teoretiskt kommer ner till ca 8 cm. Även om inga speciella mätningar gjordes för att verifiera fokuseringseffekten, indikerar de registrerade radarbilderna att det teoretiska värdet approximativt uppnåts. En komplett registrering av en bild med stegningar i vinkel och frekvens krävde 15-20 min.

5.1.2 Resultat

Analys av det omfattande mätmaterialen pågår. Figur 5 och Figur 6 visar exempel på avbildningar genom gips- resp. spånväggen, vilka befinner sig 1 m från radarantennerna, medan personen står ytterligare 2 m längre bort, med en pistol instoppad i vänster bakficka enligt det optiska fotot till höger i figurerna. Radarbilderna visar personen uppskivad radarmässigt i nio stycken 6 cm tjocka skivor ("avståndsluckor"), totalt 0.54 m i djupled.



Figur 5. Bildserien till vänster visar radarbilder av person sedd bakifrån, bakom gipsvägg med pistol i vänster bakficka enligt fotot till höger. Varje radarbild visar radarreturen från en ca 6 cm tjock ”avståndslucka”, med successivt ökande avstånd från bild till bild, räknat radvis åt höger.

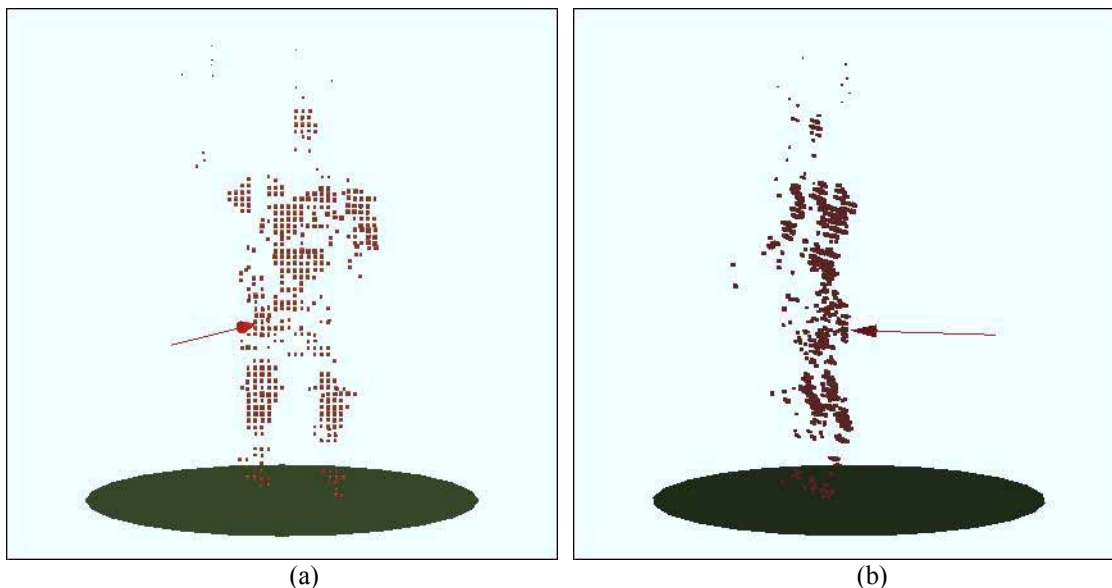


Figur 6. Bildserien till vänster visar radarbilder av person sedd bakifrån, bakom spånvägg med pistol i vänster bakficka enligt fotot till höger. Varje radarbild visar radarreturen från en ca 6 cm tjock ”avståndslucka”, med successivt ökande avstånd från bild till bild, räknat radvis åt höger.

Ett kvalitativt omdöme som kan dras från bildserierna av de två väggmaterialen är att radarn ger relativt likvärdiga avbildningar genom dem. Däremot är tegelväggen kraftigt dämpande och en motsvarande analys av registreringarna (visas inte här) ger att endast några få reflexer från försökspersonen nätt och jämnt kan urskiljas; dessa bildar ingen bild och någon formanalys kan inte göras.

Studium har påbörjats av olika sätt att presentera insamlade radardata, bl.a. genom att utnyttja den höga avståndsupplösningen (1.25 cm). Figur 7 a,b visar 3D-representationer av mätobjektet med brus och andra störlika signaler undertryckta. Figur 7 a visar personen sedd från radarns position, medan Figur 7 b visar, med användande av samma

grunddata, objektet sett från en annan betraktningsvinkel, snett bakifrån vänster, från en position som är roterad 120° från Figur 7 a. Man ser pistolen i bakfickan framhävvd, främst av den höga avståndsdiskrimineringen.



Figur 7. 3D-bilder av person sedd bakifrån bakom gipsvägg med pistol i vänster bakficka. Figur (a) är sedd från radarns position, medan (b) är sedd från en riktning roterad 120° från den i (a). Den pilmarkerade pistolen framträder främst på grund av den höga avståndsdiskrimineringen (b).

6 Modellering av vågutbredning genom väggar

Det avancerade franska beräkningsprogrammet SPECRAY EM - baserad på fysikalisk optik - kan med en för FOI speciellt utvecklad modul användas för att beräkna radarvågors utbredning genom dielektriska material. Raytracing görs på genom ytan transmitterande strålar. Detta medger beräkningar på objekt bakom ytor som är relativt tunna i förhållande till krökningsradien, och är således tillämpligt för beräkning av föremål bakom väggar etc.

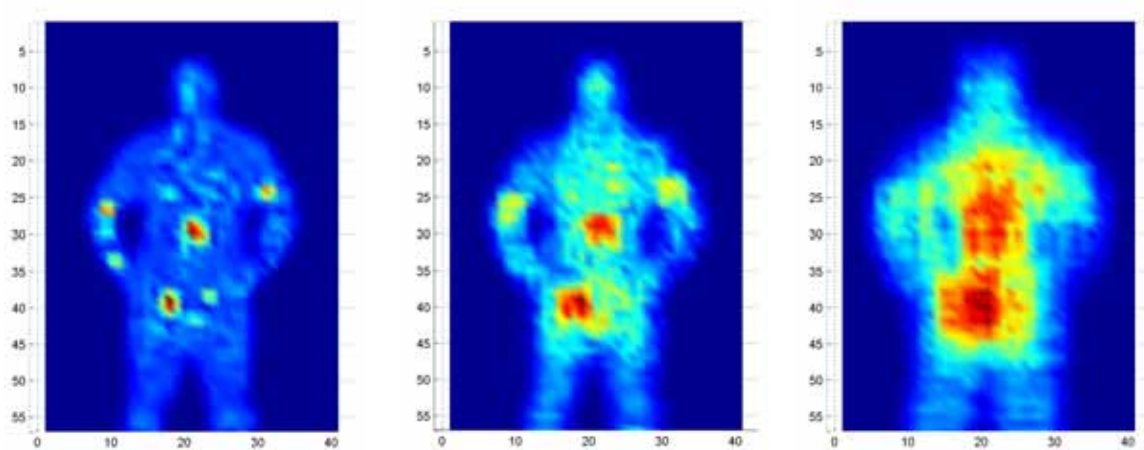
Under 2005 har verktyget främst utvärderats och validerats mot kända referenslösningar. Avvikelser har återkopplats till mjukvarukonstruktören OKTAL för korrigeringar.

I slutet av året utfördes en preliminär beräkning av radarreturen från en människa stående bakom en vägg av spånskiva. Personen utgjordes av en modell av en människa som mätts in med en 3D-laser vid Institutionen för Lasersystem. Modellen är tämligen grov eftersom upplösningen i avståndsledd är tämligen låg. Under 2006 kommer en mer högupplöst mänsklig modell att tas fram.

Under 2006 kommer beräkningar att utföras för att studera radarvågors utbredning genom väggar och rum innehållande olika objekt. Ett viktigt moment är att utföra beräkningar med samma parameteruppsättning som användes vid 2005 års väggpenetrerande mätningar och att jämföra dessa med varandra.



Figur 8. CAD-modell av människa som tagits fram vid Institutionen för lasersystem. Modellen är tämligen lågupplöst i avstånd (7.5 cm). En kraftig medelvärdesbildning har jämnat ut ytstrukturen.



Figur 9. Avbildning av en person stående bakom en vägg av spånskiva (tjocklek = 1.25 cm, $\epsilon_r = 2.224 + 0.130i$) vid frekvensen = 35 GHz. De tre olika bilderna visar från vänster effekten av att variera antennlobens bredd $A = 1^\circ$, $B = 2^\circ$ och $C = 4^\circ$. Notera att bildernas intensitet inte är normerad inbördes.

7 Utveckling av handburen väggpenetrerande rörelsedetektor

Vid FOI Sensorteknik Institutionen för Radarsensorer har sedan år 2004 arbete pågått med att utveckla en liten kompakt dopplerradar för detektion av mänsklig rörelse genom väggar och andra hinder. Radarn utsänder en 10 GHz CW-signal och detekterar enbart det frekvensskift som orsakas av objekt i rörelse. Man får således ingen information om avstånd eller riktning till dopplerkällan. Med det första försökssystemet, *Miniradar I*, utfördes en omfattande testkampanj där möjligheten att detektera mänsklig rörelse bakom olika typer av väggmaterial undersöktes. Resultatet från dessa tester visade att systemet utan svårighet klarar att registrera rörelser bakom inner- och ytterväggar av gips, trä och tegel. Även en till synes stillastående människa avger registrerbar dopplersignal, t.o.m. genom en 30 cm tjock armerad betongvägg.



Under 2005 har systemet vidareutvecklats och all styrelektronik har integrerats på ett kretskort. Den registrerade dopplersignalen presenteras för operatören med ljus- eller ljudsignal. Möjlighet finns nu också att kommunicera med systemet via RF-länk. Det nya systemet som benämns *Miniradar II*, kan antingen monteras på väggen eller hållas mot väggen av operatören (Figur 10).

Den primära användningen av systemet är att snabbt kunna säkra byggnader. Systemet ger operatören enbart information om huruvida ett rum är tomt på rörliga objekt eller ej.

Innan systemet blir operativt kommer en provserie att tas fram, som skall distribueras ut till olika slutanvändare för utprovning i realistiska situationer och miljöer. Resultaten från dessa tester kommer att ligga till grund för vidareutveckling av systemet.

Slutmålet är att polis och militär (t.ex. internationella insatsstyrkan) utrustas med systemet för att uppnå en ökad effektivitet och säkerhet i urban miljö. Flera andra användningsområden är också tänkbara.

8 Bestämning av transmissionen för byggmaterial vid 2 - 110 GHz

Vid Institutionen för Signaturmaterial pågår sedan två år tillbaka forskning med att experimentellt bestämma transmissionsegenskaper för olika typer av konstruktionsmaterial, förpackningsmaterial och textilier. Material som är intressanta i samband med strid i bebyggelse och övervakning och som undersöks inom projektet är emballage, textilier och byggmaterial. Experimentella mätningar har genomförts dels i vågledare och dels i frirymd. Under 2006 fortsätter kartläggningen.

8.1.1 Transmission uppmätt i vågledare

Vågledarmätningarna har utförts med en Wiltron 37269B vektornätverksanalysator i frekvensområdet 0.04 - 40 GHz. Speciella materialprover tillverkades för att passa in i provhållare i sju olika storlekar. Härvid uppmättes amplitud och fas för reflekterade och transmitterade fält. Därefter bestämdes den komplexa permittiviteten [2][15][16].

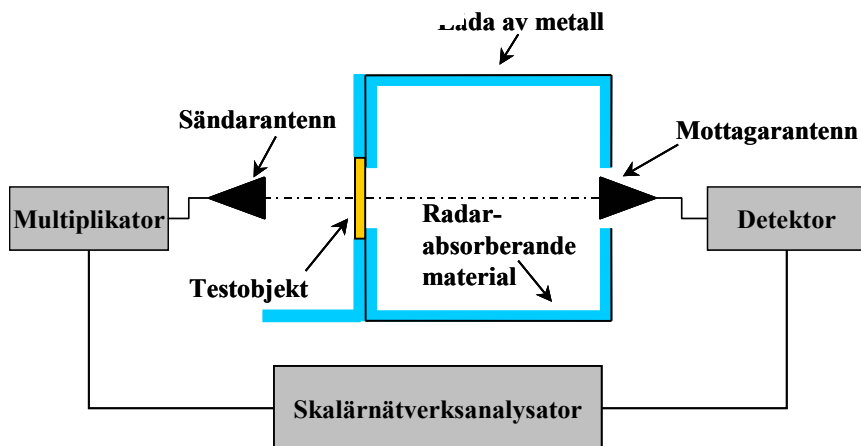
Resultatet presenteras i tabell 1 där värde för permittivitet är medelvärde i frekvensområdet mellan 0.04 och 40 GHz.

Material	Relativ permittivitet
Tegel	3.907-j0.035
Träpanel	2.066-j0.111
Spånskiva	2.224-j0.130
Gipsskiva	2.311-j0.023
Mineralull	1.056-j0.001

Tabell 1. Beräknad permittivitet hos byggmaterial

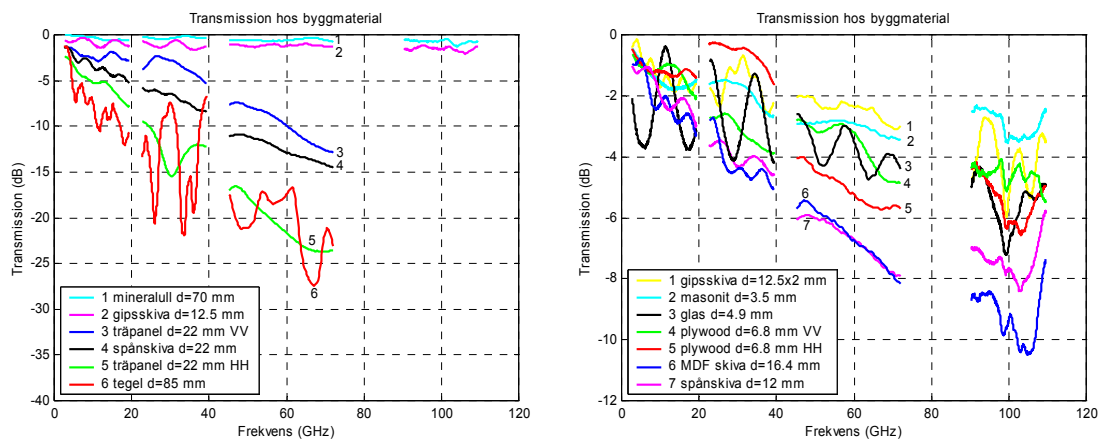
8.1.2 Transmission uppmätt i frirymd

En Wiltron 54147A skalär nätverksanalysator (10 MHz - 20 GHz) användes vid frirymdsmätningar. Schematisk bild av mätupställningen visas i Figur 11.



Figur 11. Transmissionsväg för frirymdsmätningar, frekvenser 2-110 GHz.

Tre stycken multiplikatorer användes för att klara att mäta frekvenser upp till 110 GHz. Transmission hos nio byggmaterial har mätts upp i frirymd: tegel, träpanel, spånskiva, gipsskiva, mineralull, masonit, glas, plywood och MDF (Medium Density Fibreboard). Resultaten av mätningarna presenteras i Figur 12.



Figur 12. Transmission hos byggmaterial uppmätt i frirymd, där d är tjocklek, VV är vertikal polarisation och HH är horisontal polarisation. Notera att det vänstra och högra diagrammet har olika dB-skalar.

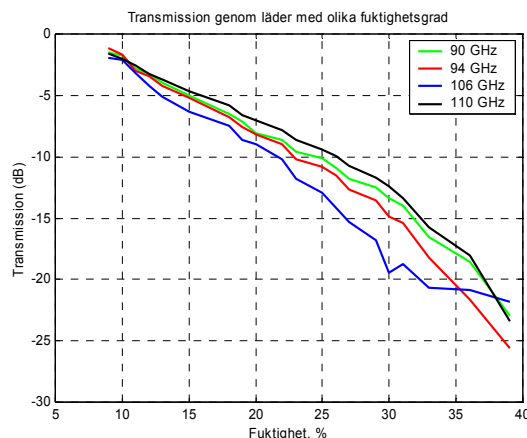
Transmissionen är hög för mineralull, gipsskiva (även dubbel gipsskiva), masonit, glas och plywood medan transmissionen för MDF skiva, spånskiva, träpanel och tegel drastiskt minskar med frekvensen (Figur 12). Transmissionen beror också på tjockleken hos materialprovet. Ju tjockare materialprov desto lägre transmission. Detta konstateras om man jämför mätningar för enkel och dubbel gipsskiva samt för spånskiva med tjocklek 12 mm och 22 mm. För träpanel och plywood är det också av betydelse hur träfibren ligger i relation till det elektriska fältet. Transmissionen är högre om den elektriska fältvektorn är parallell med träfibren och lägre om den elektriska fältvektorn är vinkelrätt mot träfibren.

Genomförda mätningar och beräkningar visar att lägre frekvenser krävs för att uppnå tillräckligt hög penetration genom byggmaterial. Riktigt låga frekvenser krävs för godtycklig penetration genom ytterväggar och något högre frekvenser för godtycklig penetration genom innerväggar. Detta beror delvis på att olika material används för att bygga ytter- och innerväggar samt på att ytterväggar i allmänhet är tjockare än innerväggar.

8.1.3 Fuktighetsmätningar

Det är allmänt känt att fuktiga material ger en högre dämpning jämfört med torra material. För att få en uppfattning om hur mycket transmissionen påverkas av olika fuktighetsgrader, uppmättes transmissionen genom läder av olika fuktighetsgrad, i frekvensområdet 90-110 GHz. Mätresultat för frekvenser 90 GHz, 94 GHz, 106 GHz och 110 GHz presenteras i Figur 13.

Mätningarna genomfördes med mätsystem som finns presenterat i Figur 11 med jämna mellanrum i tiden medan lädret fick torka i luften genom vanlig vattenavdunstning vid rumstemperatur. Enligt förväntningar minskar transmissionen med fuktighetsgraden. Processen är något långsammare vid lägre grad av fuktighet och blir snabbare vid högre fuktighetsgrad.



Figur 13. Transmission genom läder med olika fuktighetsgrad.

Transmission genom material beror på materialets fuktighetsgrad. Ju högre fuktigheten är desto lägre blir transmissionen. Minskning av transmissionen med fuktighetsgraden är en ganska snabb process och därför är det viktigt att alltid ta hänsyn till fuktigheten i materialet vid transmissionsmätningar. Även här är lägre frekvenser att föredra för bättre penetration genom materialet.

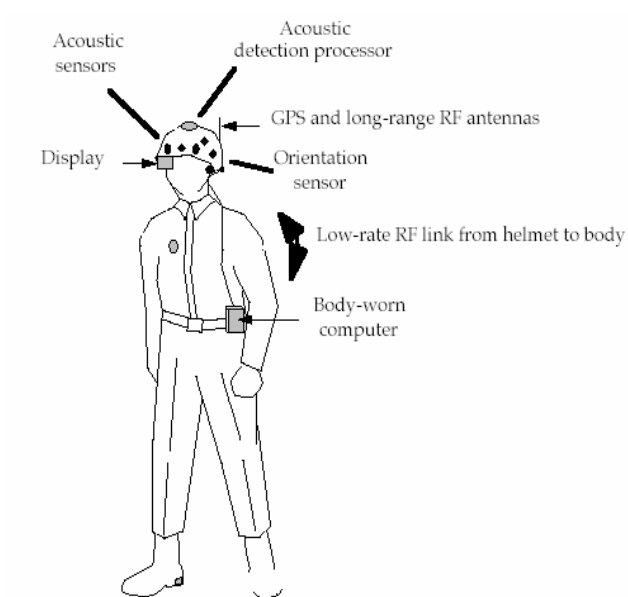
9 Akustiska sensorer

9.1 Omvärlden

Inom projektet *Teknisk värdering av nya sensorförmågor för strid i bebyggelse* finns ett intresse för kartläggning av internationell verksamhet inom området akustiska sensorer i urban miljö. Det finns generellt tre olika användarkategorier för denna typ av sensorer och sensornätverk

1. Militära tillämpningar.
2. Terroristbekämpning.
3. Civilövervakning.

Urban terräng är ytterst komplex då den innefattar byggnader, gator, öppna ytor, tunnlar broar med mera. Dessa påverkar räckvidden och upplösningen av de akustiska sensorerna när de drabbas av bland annat flervägsutbredning då ljudvågorna reflekteras och avskärmas på grund av väggar och andra hinder. Kraven på sensorplacering blir stor för att få en god yttäckning i urban miljö då räckvidden för sensorerna varierar mycket. Akustiska sensorer kan med fördel samverka med andra sensorer och sensorsystem då man kan till exempel indikera och klassificera en fientlig verksamhet i en viss riktning och styra in högupplösande sensorer för igenkänning och identifiering. Olika stridssituationer uppkommer inom (SIB) Strid i bebyggelse som till exempel framryckning, stridsställning eller bevakning. Dessa kräver olika förmågor och prestanda hos sensorer och sensornätverk i form av mobilitet och utplacerbarhet. Akustiska sensorer kan vara soldatburna (se Figur 14), fordonsmonterade (se figur 2), UGV monterade, UAV monterade, förinstallerade eller utskjutna till bevakningsplatsen. En viktig funktion för akustiska enheter är förmågan att snabbt kunna lokalisera eller bäringsbestämma skottlossning med hjälp av ljudtrycket från krutförbränningen och/eller bogvågen genererad från projektilen i överljudshastighet. Ett flertal tillverkare av akustiska sensorer för militära ändamål kan leverera konceptet för skottlokalisering, se Figur 15. Nackdelen med denna konstruktion är att den bara kan hitta en bäring till ljudkällan och inte positionen.



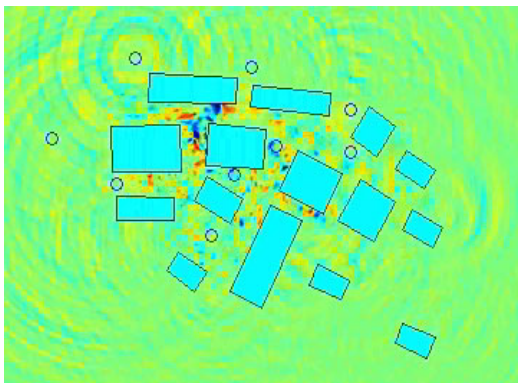
Figur 14. Soldatburet system.



Figur 15. Fordonsmontering av akustisk sensor (Rafael)

9.2 Positionering av ljudkälla - experimentellt försök

För att kunna bestämma positionen av en ljudkälla i urban miljö behövs ett antal samverkande sensorer som tillsammans detekterar vågutbredningen och ”hittar” positionen genom att spåra tillbaka detektionen från respektive sensor. Se Figur 16.



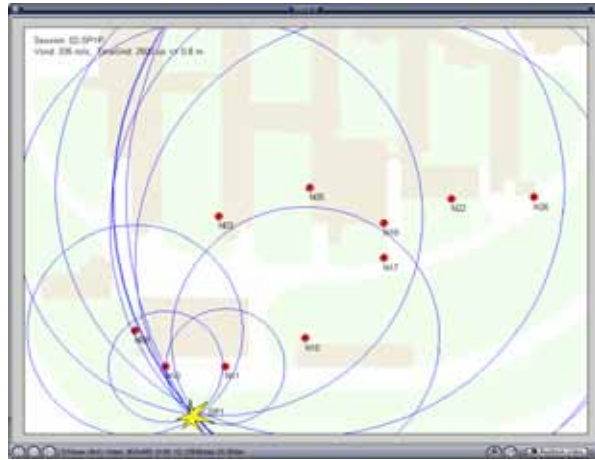
Figur 16. PinPtr, Positionering av skottlossning.



Figur 17. Sensorplacering.

Inom projektet har ett motsvarande system för positionering av skottlossning i urban miljö uppförts i forskningssyfte. Ljudinsamling skedde i 28 punkter kring huskroppar enligt Figur 17. Avfyrning av skott skedde i tre punkter söder om ”RS” och ”Carport” mot vallen samt norr om ”Carport”.

Analysen är gjord på så sätt att man använder respektive sensordetektion som en punktformig utbredningskälla. Skärningspunkter mellan sensorerna bestämmer positionen för skottlossningen enligt Figur 18.



Figur 18. Resultat av skottlossning 2

En enkel utvärdering av registreringarna visar att det är möjligt att lokalisera skottplatsen med ca 10 m noggrannhet. Om sensorer med relativt stor andel direktljud används förbättras noggrannheten ner till 2-3 m. Inom ramen för projektet har dock ingen uttömmande utvärdering skett utan endast ett mindre urval av sensorer har använts. Noggrannheterna är därför ungefärliga bedömningar snarare än baserade på statistiskt underlag.

Utvärderingen visar vidare på en uniform ljudutbredningshastighet vid mättillfället vilket förklaras av att temperaturen på luft, mark och byggnader var väl utjämnade. I verkliga tillämpningar råder sådana förhållanden endast undantagsvis och ljudutbredningshastigheten behöver därför skattas i flera delområden.

För fortsatt arbete föreslås inledningsvis en studie av alternativa metoder för ljudlokalisering. Därefter väljs en metod som implementeras och används på insamlat mätdata. Resultaten från detta bör vara en beskrivning av metodval, implementation och uppnådda prestanda. Det senare baseras på en fullständig bearbetning av insamlat mätdata och skall innefatta mått på noggrannheten vid alternativa val av sensorer med olika geometrier till mål och byggnader. Av speciellt intresse i bebyggelse är inverkan av reflexer i miljön. Metodval, implementation och prestandagränser bör därför inriktas mot sensorer som är mindre fördelaktigt placerade. Metodvalet och implementationen bör även förberedas för skattning av ljudhastigheten i flera delområden. Bedömningen av prestanda för varierande ljudhastighet är dock svår att göra med nuvarande mätdata.

Ytterligare resultat kan vara en bedömning av det minsta antal sensorer som krävs för ett givet bestämt krav på noggrannhet.

10 Skriftliga publikationer

Inom ramen för projekt *Teknisk värdering av nya sensorförmågor för strid i bebyggelse* har fyra FOI-rapporter, ett FOI Memo och en konferensartikel utgivits under 2005:

1. Kjellgren, J.: "On millimeter wave sensors for urban warfare", 10 pp, Trilateral Workshop on Urban Warfare, FMV, Maj 2005.
2. Sume, A.: "Närfältsfokusering av paraboloidantenn", FOI Sensorteknik, Linköping, Teknisk Rapport FOI-R--1719--SE, September 2005.
3. Nilsson, S., Axelsson, D., Gustafsson, M., Jänis, A., Kjellgren, J., Sume, A., Örbom, A.: "Väggpenetrerande radar - En omvärldsanalys", FOI Sensorteknik, Linköping, Teknisk Rapport, FOI-R--1774--SE, December 2005.
4. Jänis, A., Nilsson, S.: "Transmissionsegenskaper av material i frekvensområdet 2-110 GHz och möjligheter att 'se igenom'", FOI Sensorteknik, Linköping, Teknisk Rapport, FOI-R--1861--SE, December 2005.
5. Habberstad, H., Vahlberg, C.: "Akustisk lokalisering", FOI Sensorteknik, Linköping, FOI Memo 1506, November 2005.
6. Nilsson, S., Axelsson, D., Gustafsson, M., Jänis, A., Kjellgren, J., Sume, A., Örbom, A.: "Teknisk värdering av nya sensorförmågor för strid i bebyggelse - Årsrapport 2005", FOI Sensorteknik, Linköping, Teknisk Rapport, FOI-R--1862--SE, December 2005.

Under år 2004 utgavs följande publikationer inom projektet:

1. Jänis, A., Nilsson, S., Huss, L.-G., Gustafsson, M., Sume, A.: "Through-the wall imaging measurements and experimental characterization of wall materials," presented at Military Remote Sensing, London, UK, October 2004.
2. Letalick, D., Larsson, H., Carlsson, M., Gustavsson, A-C.: "Lasersensorer för strid i bebyggelse", FOI-R--1431--SE, December 2004.
3. Nilsson, S., Axelsson, D., Carlsson, M., Jänis, A., Gustafsson, M., Gustavsson, A-C., Huss, L.-G., Larsson, H., Letalick, D., Sume, A.: "Teknisk värdering av nya sensorförmågor för strid i bebyggelse - Lägesrapportering 2004", FOI Memo 1111, December 2004.

11 Planerad verksamhet under 2006

Vid Institutionen för Signaturmaterial fortsätter arbetet med att experimentellt bestämma grundläggande transmissionsegenskaper för olika typer av byggnads-, emballage- och textilmaterial inom frekvensområdet 2 - 110 GHz. Nya fuktighetsmätningar på material kommer att utföras.

Den del av dopplerradarverksamheten som överflyttades från 2005 kommer att genomföras under 2006. En viktig uppgift är att ge systemet förmåga att kunna registrera positiv och negativ doppler, dvs. avgöra huruvida ett föremål närmar eller fjärrar sig från radarn.

Det är angeläget att etablera kunskap om radarsignaturen för olika typer av personburna hotobjekt (pistoler, knivar, spikbomber etc). Främst avses hotande föremål som kan gömmas under kläder eller i ryggsäckar, väskor etc. Utöver hotobjekten kan neutrala föremål som kan förväxlas med hotobjekt ingå. Experimentella högupplösta 3D-mätningar med Lilla Gåra systemet genomförs. 3D data skapas genom att belysa objektet från olika observationsriktningar (interferometri) samt att låta objektet rotera på vridbord. Arbetet innehåller utveckling och implementering av dataprocesseringsmetod för interferometrisk ISAR. Resultatet från mätningarna samlas och ett preliminärt hotbibliotek upprättas, där karakteristika för objekten i olika frekvensband anges. Hotbiblioteket kan t.ex. användas för att avgöra vilken typ av sensorförmåga som behövs för att detektera ett visst hotobjekt dolt under kläder etc. Eventuellt kommer delar av mätningarna att kompletteras med spridningsberäkningar (SPECRAY EM).

Det avancerade beräkningsprogrammet SPECRAY EM kan med en speciellt inköpt modul användas för att beräkna radarvågors utbredning genom dielektriska material. Under 2006 kommer beräkningar att utföras för att studera radarvågors utbredning genom väggar och rum innehållande olika objekt. Ett viktigt moment är att utföra beräkningar med samma parameteruppsättning som användes vid 2005 års väggpenetrerande mätningar och att jämföra dessa med varandra. Förhoppningsvis kommer ett samarbete med Frankrike att inledas under 2006 för att utveckla metoder som medger beräkning av objekt bakom godtyckliga ytor.

Projektet finansierar medverkan i arbetsgruppen NATO RTO Task Group SET-101 Noise Radar Technology. Sverige ansvarar för arbetspaket ("Capabilities") inom denna grupp. Arbetet innebär deltagande i 4 st arbetsmöten, förberedelser inför dessa och administrativt arbete där emellan. Brusradarverksamheten i Sverige koordineras genom denna samverkan och valda delar av det arbete som bedrivs i relaterade projekt kommer att sammanställas för avrapportering till NATO.

12 Referenser

- [1] Burton, G.J., Ohlke, G.P.: "Exploitation of millimeter waves for through-wall surveillance during military operations in urban terrain", Report, Land Force Technical Staff Program V, Department of Applied Military Science, Royal Military College of Canada, Kingston, Ontario, Unofficial Document, 24 May 2000.
- [2] Damaskos N. J., et al.: "The Inverse Problem for Biaxial Materials", IEEE MTT, vol. 32, 400, 1984.
- [3] Habberstad, H., Vahlberg, C.: "Akustisk lokalisering", FOI Sensorteknik, Linköping, FOI Memo 1506, November 2005.
- [4] <http://www.radarvision.com>
- [5] <http://www.g-p-r.com/SB02r157.pdf>
- [6] http://www.fcc.gov/Bureaus/Engineering_Technology/News_Releases/2002/nret0203.html
- [7] Jänis, A., Nilsson, S., Huss, L.-G., Gustafsson, M., Sume, A.: "Through-the wall imaging measurements and experimental characterization of wall materials," presented at Military Remote Sensing, London, UK, 2004.
- [8] Jänis, A., Nilsson, S.: "Transmissionsegenskaper av material i frekvensområdet 2-110 GHz och möjligheter att se igenom", FOI Sensorteknik, Linköping, Teknisk Rapport, FOI-R--1861--SE, December 2005.
- [9] Kjellgren, J.: "Short-range radar and radiometer applications at mm-waves", FOI Memo 759, January 2004.
- [10] Kjellgren, J.: "On millimeter wave sensors for urban warfare", 10 pp, Trilateral Workshop on Urban Warfare, FMV, May 2005.
- [11] Letalick, D., Larsson, H., Carlsson, M., Gustavsson, A-C.: "Lasersensorer för strid i bebyggelse", FOI-R--1431--SE, December 2004.
- [12] MOUT ACTD Operational Requirements, accessed 20 May 2000, tillgänglig från <http://mout.actd.org/reg.html>; Internet
- [13] Nilsson, S., Axelsson, D., Gustafsson, M., Jänis, A., Kjellgren, J., Sume, A., Örbom, A.: "Väggenetrerande radar - En omvärldsanalys", FOI Sensorteknik, Linköping, Teknisk Rapport, FOI-R--1774--SE, December 2005.
- [14] Sume, A.: "Närfältsfokusering av paraboloidantenn", FOI Sensorteknik, Linköping, Teknisk Rapport FOI-R--1719--SE, september 2005.
- [15] Weir, W.B.: "Automatic Measurement of Complex Dielectric Constant and Permeability at Microwave Frequencies", Proceedings of the IEEE, vol. 62, no. 1, p. 33-36, January 1974.
- [16] Von Hippel, A.R.: "Dielectric Materials and Applications", The MIT Press, Cambridge, 1954.
- [17] Wild, N., Doft, F., Wondra, J., Niederhaus, S. and Lam, H.: "Ultrasonic through-the-wall surveillance system", Proc. SPIE vol. 4708, International Conference on Sensors, and Command, Control, Communications, and Intelligence (C3I) Technologies for Homeland Defense and Law Enforcement, p. 106-113, 2002.
- [18] Withington, P., Fluhler, H., Nag, S.: "Enhancing homeland security with advanced UWB sensors", IEEE Microwave Magazine, p. 51-58, September 2003.