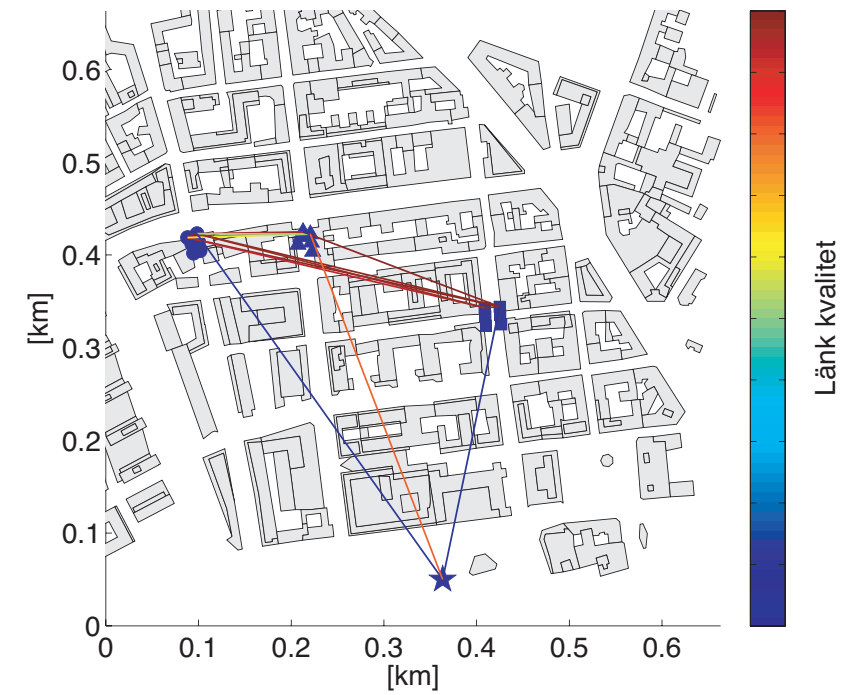


KATARINA PERSSON, ULF STERNER, KARINA FORS, ELISABETH LÖFSVED,
ÅSA WAERN



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, 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.

Taktiskt kommunikationsscenario i urban miljö

Utgivare Totalförsvarets Forskningsinstitut Ledningssystem Box 1165 SE-581 11 LINKÖPING	Rapportnummer, ISRN FOI-R--1884--SE	Klassificering Teknisk rapport
	Forskningsområde 4. Spaning och ledning	
	Månad, år December 2005	Projektnummer E7994
	Delområde 41. Ledning med samband och telekom och IT-system	
	Delområde 2	
Författare Katarina Persson, Ulf Sterner, Karina Fors, Elisabeth Löfsved, Åsa Waern	Projektledare Katarina Persson	
	Godkänd av Sören Eriksson	
	Uppdragsgivare/kundbeteckning FMV - Försvarets materielverk	
	Teknisk och/eller vetenskapligt ansvarig Börje Asp	
Rapportens titel Taktiskt kommunikationsscenario i urban miljö		
Sammanfattning Ett kommunikationsscenario för urban miljö har tagits fram. Syftet med scenariot är att det skall kunna användas vid analyser, utvärderingar eller presentationer av exempelvis funktioner och prestanda hos kommunikationssystem. Stadsscenarioet beskriver eftersökning och patrullering i urban miljö och innehåller positioner för 19 kommunikationsnoder rörelse under en timme. Vid varje tidsögonblick har sedan kapaciteten på länkarna mellan noderna beräknats. För att genomföra beräkningar av länkegenskaperna har programmet RPS (Radio-wave Propagation Simulator) använts. För denna typ av scenario har vi dock konstatera att de beräkningsmodeller som hittills har använts antingen är för enkla och därmed inte ger rätt resultat, eller alltför komplicerade och därmed beräkningstunga. Det krävs därför en fortsatt utveckling för att hitta beräkningsmodeller för urban miljö som ger tillräckligt bra resultat med rimliga beräkningstider.		
Nyckelord taktiskt, scenario, urban, radio, nät, mobil, flerhopp, ad hoc		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: X s.	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista	

Issuing organization Swedish Defence Research Agency Command and Control Systems P.O. Box 1165 SE-581 11 LINKÖPING SWEDEN	Report number, ISRN FOI-R--1884--SE	Report type Technical report
	Programme areas 4. C ⁴ ISR	
	Month year December 2005	Project No. E7994
	Subcategories 41. C ⁴ I	
	Subcategories 2	
Author/s Katarina Persson, Ulf Sterner, Karina Fors, Elisabeth Löfsved, Åsa Waern	Project manager Katarina Persson	
	Approved by Sören Eriksson	
	Sponsoring agency FMV - Defence Material Administration	
	Scientifically and technically responsible Börje Asp	
Report title A Tactical Communication Scenario in Urban Terrain		
Abstract <p>A tactical communication scenario in urban terrain has been developed. The purpose of the scenario is to be used as a tool for analyses, evaluations and presentations, when studying e.g. functionality and performance of communication systems. The scenario describes search and patrolling in urban terrain. During one hour the positions for each of 19 nodes are described with an updating interval of one second. For each time step the link attenuation is calculated between each pair of nodes.</p> <p>The Radiowave Propagation Simulator (RPS) has been used for calculations. Different models for computing the link attenuation have been used, but they have either been too complex and time-consuming or too simple to give good results. However, more studies of models for computing link attenuation should be done in order to be able to get good enough results in a limited period of time.</p>		
Keywords tactical, scenario, urban, radio, network, mobile, multi hop, ad hoc		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages X p.	
	Price acc. to pricelist	

Innehåll

1	Bakgrund	7
1.1	Syfte	8
1.2	Disposition	8
2	Stadsscenarioet	9
2.1	Bakgrund	9
2.2	Patrullering och eftersökning i urban miljö	10
2.3	Rörelsemönster	11
2.4	Länkarna i nätet	11
2.4.1	Transmissionsförlust	12
3	Simuleringar	15
3.1	Simuleringsmodeller	15
3.1.1	Ray tracing	15
3.1.2	COST 231-Walfisch-Ikegami	16
3.2	Modellval	16
3.2.1	En jämförelse mellan de olika modellerna	17
3.3	Diskussion	18
4	Användningsmöjligheter	21
5	Slutsatser och fortsatt arbete	23
5.1	Slutsatser	23
5.2	Fortsatt arbete	24

Kapitel 1

Bakgrund

Kommunikationssystem är en viktig del vid ledning av taktiska operationer och för att kunna utbyta relevant information. Det är därför av stor betydelse att de system som ska användas kan provas och utvärderas så att funktion och prestanda uppfyller de krav som ställs. Simuleringar kan ofta vara kostnadseffektiva verktyg vid utvärderingar och genom att utnyttja olika scenarier kan kommunikationssystem analyseras och problem identifieras.

FOI har tidigare tagit fram flera scenarier tillsammans med försvarsmakten för att använda vid studier av kommunikationssystem. Det har visat sig mycket effektivt att använda scenarier som presentationsmaterial och det kan ge ökad förståelse för de tekniska problem som uppstår. Scenarier kan även användas för att peka på brister eller vinster med olika lösningar. Vidare fyller simuleringar en viktig roll vid kravställning av nya kommunikationssystem samt för nya sammansättningar av olika kommunikations- och sensorsystem.

Ett scenario som fått mycket uppmärksamhet är det så kallade *Skarasce- nariot*, som representerar insats mot luftlandsättning [1]. Användandet av detta scenario har varit mycket stort, men i och med försvarets ominriktning har behov av nya scenarier växt fram. Idag ligger fokus på att kunna simulera och utvärdera internationella operationer, interoperabilitet m.m.

De senaste åren har det uppkommit ett behov av kommunikationsscenarier för urban miljö eftersom framtida operationer sannolikt kommer att ske i sådan miljö. Detta medför att studier av kommunikation i urban miljö är av stort intresse, bland annat eftersom vågutbredningsmiljön skiljer sig stort i denna miljö jämfört med andra miljöer.

1.1 Syfte

Syftet med denna rapport är att presentera ett scenario i urban miljö som tagits fram av FOI på uppdrag av FMV. Scenariot som tagits fram beskriver i korthet patrullering och sökning i stadsmiljö. Målet med arbetet är att scenariot skall användas inom andra projekt som ett verktyg vid simuleringar och utvärderingar.

1.2 Disposition

I kapitel 2 beskrivs det framtagna scenariot, enheterna som ingår, händelseförlopp m.m. Kapitlet beskriver även hur länkens kapacitet kan beräknas. Nästa kapitel beskriver simuleringarna samt använda kanalmodeller. Kapitel 4 ger sedan förslag på möjliga tillämpningar av scenariot, och möjliga områden där det kan användas. Slutligen drar vi slutsatser kring arbetet och ger exempel på fortsatt arbete, se kapitel 5.

Kapitel 2

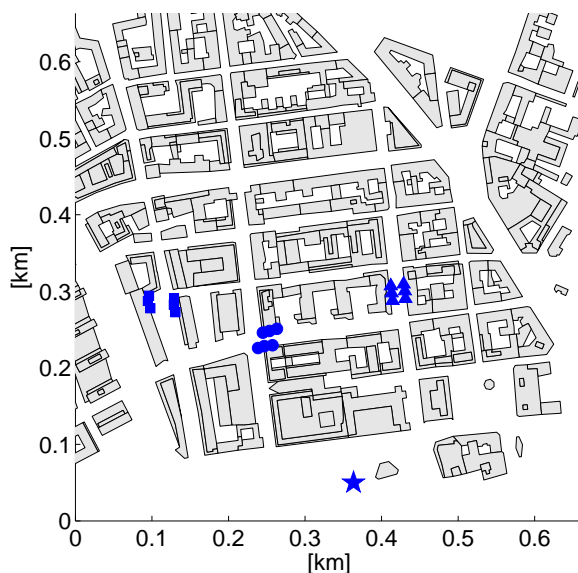
Stadsscenario

Det stadsscenario som här har tagits fram skall kunna användas vid utvärdering och kravställning av kommunikationssystem samt till exempel vid utveckling och studier av tekniska och i vissa fall taktiska metoder. Fokus har bl.a. varit att ta fram ett scenario som är användbart i dessa tillämpningar samt kompletterar de scenarion som idag används vid simuleringar av kommunikationssystem. Scenariot har tagits fram i samarbete med MSS (Markstridsskolan) Kvarn, Thomas Höglund-Kåberger och Magnus Hallberg, och följer en typisk taktik vid patrullering i en stadsmiljö.

2.1 Bakgrund

Platsen för det scenario som utspelas är inte specificerad, utan sker under en internationell insats i Z-stad i X-land. Oroligheter har pågått under en längre tid i landet och olika fraktioner bekämpar varandra. Av den anledningen finns det internationella trupper i landet som bevakar och ingriper vid oroligheter. Den internationella närvaron i det krigshärjade området bidrar till att upprätthålla lugnet och säkerheten för civilbefolkningen. Genom civil och militär samverkan, kan man sedan hjälpas åt i återuppbyggnaden av samhället.

Mitt i staden har en kompanicamp byggts upp och där finns för närvarande ett kompani bestående av fem plutoner samt stab, vilket innebär att ca 150 personer befinner sig på campen. En mast finns också placerad på området för att öka möjligheten för patrullerande enheter att hålla kontakten med campen. Plu-



Figur 2.1: Scenariot vid $t = 800$ s. Längst ner i bilden finns campen, som är placerad på en relativt öppen plats. Här har en mast placerats, vilken kan ses som en stjärna i bilden. De tre patrullerande grupperna kan skiljas åt med olika symboler.

tonerna patrullerar regelbundet i området för att upptäcka oroligheter samt för att upprätthålla lugnet i staden. Det har kommit information om att en sedan tidigare eftersökt person befinner sig i området och en pluton får därför i uppdrag att patrullera och söka efter honom. Personen har syns i kvarteren strax norr om lägret och tre grupper sänds ut på patrullering och eftersökning, se figur 2.1. En fjärde grupp finns kvar i campen och är beredd att hjälpa till vid behov.

2.2 Patrullering och eftersökning i urban miljö

Soldaterna går till fots och inte har med sig några fordon då risknivån inte anses vara särskilt hög. De rör sig inte särskilt fort fram utan studerar personer de möter och stannar ibland upp för att byta något ord med någon. Vid passage

av korsningar antas en viss försiktighet. Gruppcheferna rapporterar hela tiden tillbaka till plutonchefen om vad som sker.

Tekniken som används kallas "urban swarm" vilket innebär att grupperna rör sig fritt och oregelbundet mot en förutbestämd punkt. Genom ett sådant rörelsemönster kan grupperna söka igenom en stor del av området samtidigt som det är svårt för omgivningen att förutspå deras väg. Det innebär också att avståndet mellan grupperna kommer att variera och att radioförbindelsen därmed kommer att påverkas.

I detta scenario hittas ej den eftersökta personen, men i det fall det skulle ske samlas grupperna så snabbt som möjligt för att omringa den byggnad eller gata personen befinner sig på. Rörelsemönstret för grupperna har tagits fram tillsammans med MSS Kvarn och sker på ett sätt som kan förväntas vid patrullering vid internationella operationer.

2.3 Rörelsemönster

Inom ramen för detta arbete har rörelsemönstret för en timmas patrullering tagits fram. Positionerna uppdateras en gång per sekund. Ur det timmslånga scenariot har rörelsemönstret för tio minuters rörelse plockats ut och använts för simuleringar i RPS (Radiowave Propagation Simulator). För att inte simuleringstiden i RPS skall bli alltför stor har vi valt att låta rörelsen i scenariot hålla sig inom en yta på 600 x 600 meter. Vid simuleringarna används en tredimensionell byggnadsdatabas som även använts i MATLAB för att ta fram positionsvärden i x-, y- och z-led hos alla ingående kommunikationsnoder. Matlab har även använts för att visualisera scenariot. Vid simuleringen beräknas överföringskanalens egenskaper i form av impulssvar mellan alla nodpar och resultaten sparas sedan i en matris.

2.4 Länkarna i nätet

Då scenariot främst skall användas för studier av radionät har arbetet fokuserats på att beräkna hur kapaciteten på varje enskild länk ser ut vid varje tidpunkt. Ett vanligt mått som används för att bestämma kapaciteten på en länk är transmissionsförlusten. Höga förluster betyder att radiosignalen dämpas mycket i

överföringskanalen vilket oftast medför att en låg datatakt måste väljas för att få säker kommunikation.

2.4.1 Transmissionsförlust

För att få ett mått på hur länken mellan två noder ser ut studerar vi kanalens impulssvar beräknat m.h.a. ray tracing-teknik. Det mottagna impulssvaret är en beskrivning av hur signalen ser ut vid mottagaren då sändaren skickar en mycket kort puls, s.k. diracpuls, över kanalen. Därefter bearbetas informationen i impulssvaret för att få fram transmissionsförlusten L_b , vilket kan ses som dämpningen av signalen som skett då signalen sänts över länken. Genom att göra en enkel länkbudgetberäkning kan vi få en uppfattning om vilken kapacitet länken har. I det här exemplet antas det att vi är intresserade av att ha datatakt på minst 256 kbit/s på länkarna för att kunna hantera trafiklasten. Beräkningarna gäller för en digital handburen radio som ligger i Nato-bandet och som har en uteffekt på 2 W. Därutöver antas det även att radion har en rundstrålande, en s.k. isotrop antenn vilken ger antennvinsten 0 dB. Sist sätts kravet på mottagen signalstyrka i form av signal-brus-förhållandet (SNR) vilket för detta exempel är satt till 15 dB, se även tabell 2.1 Den maximala transmissionsförlusten, L_b , som ett nodpar kan hantera för att kunna kommunicera beräknas till 118 dB enligt (2.1) och (2.2).

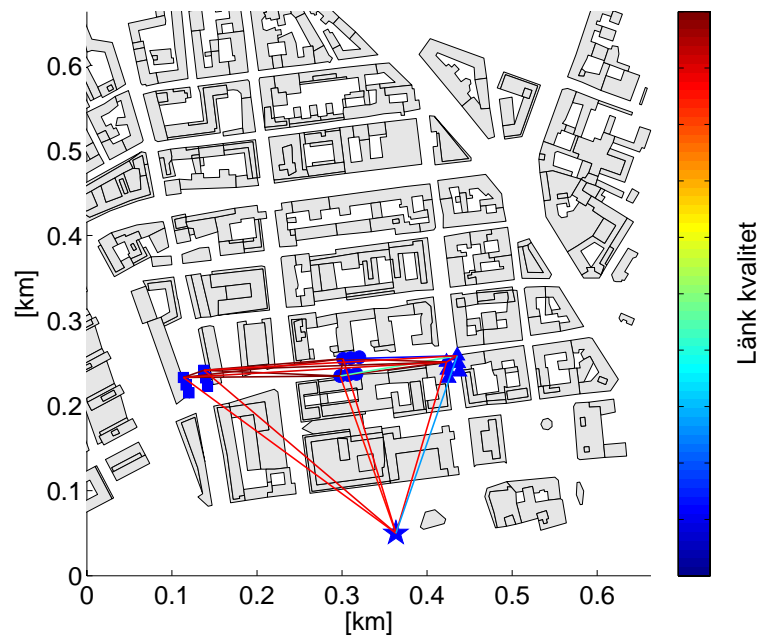
$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{P_t * G_t * G_r}{F * kT_0 * L_b * R} \quad (2.1)$$

$$L_b = \frac{P_t * G_t * G_r}{F * kT_0 * L_b * R * \frac{E_b}{N_0}} \leq 118 \text{ db} \quad (2.2)$$

Genom att utnyttja kravet på maximal tillåten transmissionsförlust går det att avgöra vilka noder som har direktkontakt med varandra och därmed bestämma nättopologin. Ett exempel på hur nättopologin kan se ut för ett nät vid en specifik tidpunkt ges i figur 2.2.

Tabell 2.1: Parametrar som används i scenariot för att beräkna länkens kapacitet.

Parametrar	Parametervärde
Frekvens	300 MHz
Scenariots totala längd	1 timma
Uppdateringstakt	1 ggr/s
Yttäckning	ca 600 x 600 m
Antal noder	19 st
Brusfaktor (F)	20 dB
Datatakt (R)	256 kbit/s
Antennvinst	0 dB
Antennhöjd: handburen	1.5 m
Antennhöjd: bas	1.5, 3 och 24 m
Signal-brus-förhållande $\frac{E_b}{N_0}$	15 dB
Uteffekt	2 W



Figur 2.2: I figuren ges ett exempel på hur situationen i scenariot kan se ut vid en viss tidpunkt. Figuren visar situationen vid tiden 700 s efter scenariots början. Länkarna mellan de olika grupperna har olika hög kvalitet (visas genom länkarnas färgkodning), vilket är ett uttryck för vilken dataakt en länk kan erbjuda.

Kapitel 3

Simuleringar

För att ta fram kanalens egenskaper mellan de olika noderna i scenariot har RPS (Radiowave Propagation Simulator) använts. Programmet har utvecklats av Radioplan GmbH, Dresden, i Tyskland. Verktöget togs ursprungligen fram för cellplanering och för att beräkna yttäckning. Programvaran innehåller en bredbandig deterministisk kanalmodell för stadsmiljö vilken baseras på geometrisk optik och diffraktionsteori [2]. Modellerna i RPS har ett giltighetsområde som spänner över frekvensområdet 300 MHz-300 GHz. Vi har använt RPS till att beräkna kanalens impulssvar i ett antal positioner för ett antal noder. Noderna ska tillsammans bilda ett nät och de framtagna impulssvaren används för att bestämma transmissionsförlusten mellan nätets noder. Den framtagna förlusten används sedan som ett mått på vilken kapacitet som kan fås på varje enskild länk i radionätet. Vi har i detta arbete valt att utnyttja två olika modeller för beräkning av länkdämpning i urban miljö, s.k. ray tracing samt COST 231-Walfisch-Ikegami.

3.1 Simuleringsmodeller

3.1.1 Ray tracing

I verktöget RPS används bl.a. ray tracing-teknik för att beskriva radiovågans utbredning i stadsmiljö. Tekniken kan kort beskrivas genom att från en sändare skickas ett antal strålnippen i valda riktningar (ray launching) och därefter följs varje enskild utskickad stråle (ray tracing) tills den träffar en bestämd mottagar-

punkt. Varje utskickad stråle kommer på sin väg mellan sändare och mottagare att utsättas för diffraktion och reflektion. Vissa strålar kommer förmodligen även passera genom exempelvis byggnader (penetration). Ett effektivt kriterium för när en stråle inte ska följas längre är dess effektinnehåll. Strålen förlorar energi då dess gångväg ökar bl.a. beroende på hur många reflektioner den har utsatts för. När energiinnehållet blir lägre än en given tröskelnivå avslutas beräkningarna för strålen. Förutom impulssvaret ger denna simuleringsmodell även information om de utsända och inkommande strålarnas riktning, både horisonellt och vertikalt.

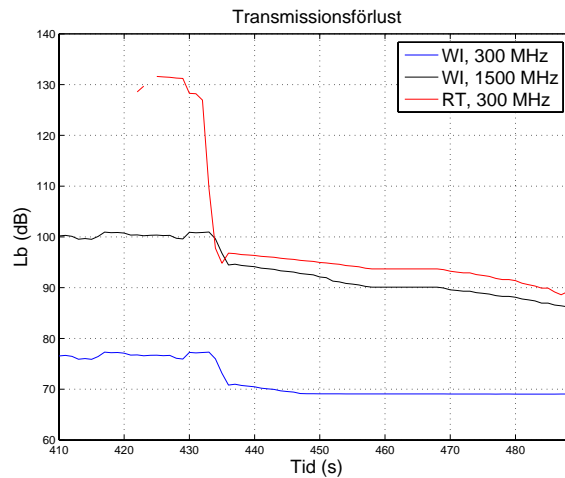
3.1.2 COST 231-Walfisch-Ikegami

Den andra modell vi har använt oss av är COST 231-Walfisch-Ikegami, WI [3]. WI är en modell anpassad för större områden s.k. macroceller för stadsmiljö, [4]. Modellen är baserad på Walfisch-Bertoni- och Ikegamimodellerna [4] som slagits samman och anpassats till Europeiska förhållanden. Till skillnad från ray tracing, med vilken transmissionsförlusten beräknas utifrån kanalens impulssvar, beräknas transmissionsförlusten direkt. WI gäller för frekvensområdet 800-2000 MHz för länkar på 0.02-5 km. Länkförlusten beräknas genom att summera tre olika termer vilka beskriver förlusterna över ett vertikalt tvärsnitt mellan sändare och mottagare. Den första beror på frirymdsutbredningen. Den andra beror på den sista diffraktionen ned till mottagaren. Den tredje tar hand om alla övriga diffraktioner över hustaken.

3.2 Modellval

RPS erbjuder flera olika beräkningsmodeller, t.ex. ray tracing och 231-Walfisch-Ikegami, WI. Dessa modeller är framtagna för specifika miljöer och frekvensområden och det gör att modellerna är lämpliga för olika typer av miljöer.

Ray tracing ger i detta fall goda resultat som överensstämmer relativt väl med tidigare genomförda mätningar, se [5]. Metoden är i sig dock beräkningstung. Det är också viktigt för ray tracing-metoden att välja lämpliga parametervärden inför beräkningarna så att resultaten blir tillräckligt noggranna för ändamålet. Av denna anledning är scenariot begränsat till ett område av ett par kvarter och bara patrullerande enheter till fots.



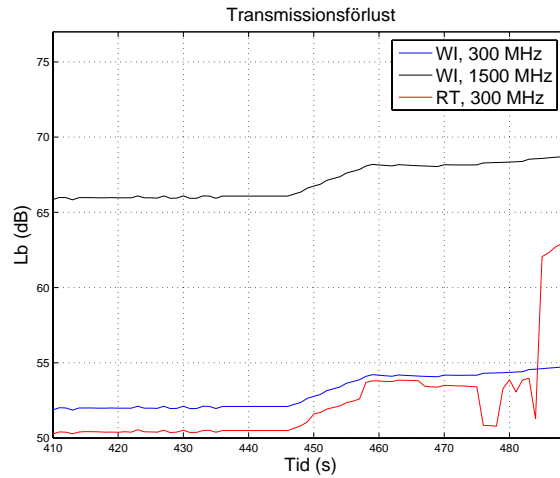
Figur 3.1: Länkdämpningen som funktion av tiden mellan nod 1 och nod 12. Dessa noder befinner sig i olika grupper.

Eftersom beräkningarna med ray tracing-metoden tog så lång tid genomfördes några beräkningar med WI-modellen. Denna modell är mycket mindre beräkningstung och beräkningarna kunde genomföras på kort tid. Modellen är dock inte tillämpningsbar för frekvenser utanför området 800-2000 MHz. Trots detta har vi valt att göra en simulering med denna modell på frekvensen 300 MHz. Vi har också använt den för en simulering på frekvensen 1500 MHz.

3.2.1 En jämförelse mellan de olika modellerna

Som redan nämnts är det väldigt stor skillnad mellan modellerna och vilka kanalegenskaper de tar hänsyn till. WI-modellen tar bara hänsyn till de byggnader som ligger på linjen mellan sändare och mottagare medan ray tracing-modellen är mycket mer komplex. Det beror på att den tar hänsyn till både multipla reflektioner och diffraktioner. Generellt för simuleringarna med WI-modellen är att resultaten från de båda frekvenserna är väldigt lika varandra till utseende men att de skiljer i nivå, där låga frekvenser alltid dämpas mindre än högre frekvenser.

I figurerna 3.1 och 3.2 kan man se att resultaten från ray tracing-modellen

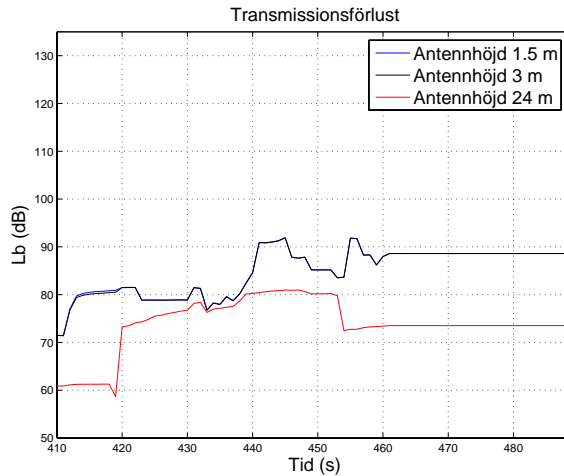


Figur 3.2: Länkdämpningen som funktion av tiden mellan nod 3 och nod 4, som befinner sig i samma grupp.

varierar mer än för WI-modellen, vilket är naturligt beroende på de olika modellernas komplexitet. Man kan också se att det är samma objekt som har inverkan i de båda modellerna. I den sista figuren 3.3 jämförs signalstyrkan från en sändare till tre mottagare som finns på samma x- och y-position men med olika höjd över marken. Med den förenklade varianten av ray tracing som vi använde ser man att de båda höjderna 1.5 och 3 meter får nästan identiska resultat, eftersom länken mellan noderna skymms av en byggnad väldigt nära mottagaren.

3.3 Diskussion

Vi har använt RPS för simuleringar vid dess nedre gräns för giltighet när det gäller frekvens. Detta leder bl.a. till att simuleringstiden blir längre än vid högre frekvenser och till att resultatets tillförlitlighet minskat något. Att simuleringstiden blir längre beror bl.a. på att signalen vid använd bärvågsfrekvens (300 MHz) dämpas mindre vid varje reflektion. Därmed blir antalet reflektioner fler och signalen behöver följas en längre tid. En annan anledning är att diffraktionsmodellen pressas då modellantagandet säger att ytan intill diffraktionskan-



Figur 3.3: Länkdämpningen som funktion av tiden mellan en soldatnod och noden som är placerad på campen. Denna nod kan höjas upp och resultat är här plottat för höjden 1.5, 3 och 24 meter.

ten skall vara stor i jämförelse med våglängden. Då beräkningarna utförs på 300 MHz blir signalens våglängd 1 meter. I bygnadsdatabasen är de minsta objekten omkring 4 meter stora vilket inte kan sägas vara mycket större än 1 meter. Detta resulterar i att modellantagandet för diffraktionsmodellen förmodligen inte är tillräckligt uppfyllt.

I det scenario vi använder kan simuleringen för en viss tidpunkt i scenariot ta allt mellan ett fåtal sekunder för WI-modellen och ett flertal timmar (5-10) med ray tracing. Om det tar ca 5 timmar att beräkna en tidpunkt i scenariot (impulsvaret för nätets alla noder) skulle det totalt ta 2 år att beräkna hela scenariot. En annan anledning till att simuleringstiden blir lång för ray tracing-metoden är att det är antalet strålar som skickas ut från sändaren som till stor andel avgör hur komplex beräkningen blir, inte antalet mottagare. Om man istället för att beräkna ett tidsögonblick åt gången skulle lägga ut alla sändarpositioner som används i scenariot blir det 57 600 sändare. För WI-modellen beräknas bara ett snitt mellan sändare och mottagare. I vårt scenario finns det lika många sändare som mottagare. Detaljrikedomen hos de slutgiltiga resultaten skiljer också stort. Vid

beräkningar med WI-modellen får man ut transmissionsförlusten direkt och vid simuleringar med ray tracing fås impulssvaret. Impulssvaret beskrivs av varje utbredningsvägs signalstyrka, fas och fördröjning. Utöver det fås även riktningarna på utbredningsvägarna sett från sändaren och från mottagaren. All denna information tillsammans leder till att dessa signaler kan ses som bredbandiga och de blir även möjliga att användas tillsammans med gruppantenner.

Vid den här typen av scenarios är ray tracing förmodligen väl komplex (tidskrävande) för så låga signaltrösklar som önskas och med den befintliga datorkapaciteten på institutionen. Samtidigt ger den enkla modellen som finns implementerad i RPS inte alltid tillräckligt noggranna resultat. Om simuleringar med ray tracing genomförs är det mycket viktigt att noga gå igenom valet av parametervärden innan simuleringens start för att få en god avvägning mellan simuleringstid och noggrannhet.

Kapitel 4

Användningsmöjligheter

Scenariot som tagits fram innehåller positioner och rörelsemönster för 19 enheter i urban miljö. Detta scenario skall kunna användas i senare projekt vid utvärderingar och analyser av kommunikationssystem och metoder. För att scenariot skall kunna utnyttjas på bästa sätt måste troligen ytterligare beräkningar av datatakten på länkarna göras.

Nedan ges några exempel på områden där scenariot med tillhörande kanalinformation skulle kunna användas.

- Scenariot kan användas vid studier och analyser av hur ett radionät påverkas om datatakterna på länkarna varierar. I urban miljö kan datatakterna variera snabbt eftersom vågutbredningsegenskaperna påverkas när noderna rör sig. De snabba förändringarna ställer i sin tur stora krav på att t.ex. routing- och accessprotokoll kan hantera förändringarna och att dessa kan utnyttja nätets kapacitet.
- Eftersom soldaterna rör sig i små grupper skulle scenariot kunna användas vid studier av klusterformade nät. Man kan således se en grupp som ett kluster där en nod kan agera "klusterhuvud" och ansvara för kommunikationen till andra kluster. Formationen där ett fordon agerar "klusterhuvud" och fotsoldaterna runt fordonet bildar ett kluster är även intressant.
- Det sker mycket forskning kring hur länken mellan en sändare och en mottagare ser ut, och hur man kan optimera länkens kvalitet. Det kan t.ex. handla om kodning, modulation, signalbehandling m.m. I dessa fall kan

det vara av stort intresse att se hur användaren i nätet påverkas av hur länken hanteras, och detta kan t.ex. göras genom att utnyttja ett scenario för att visa hur förändringen kan uppfattas för den som utnyttja tjänsterna i nätet.

- Det framtagna scenariot är även intressant att använda för att undersöka olika MIMO-tekniker (Multiple Input Multiple Output). Tekniken gör det möjligt att dra fördel av att den utsända signalen utsätts för interferenser samt fädning vilket inte är går med konventionell radioteknik. Det skulle även vara möjligt att beräkna möjlig datatakt på en länk utifrån kanalens korrelationsbandbredd.
- Inom försvarsmakten finns det önskemål om att kunna använda scenarion för att prediktera kommunikationsbehov vid insatser och t.ex. kunna få hjälp då man ska planera för hur master bör placeras. För den typ av scenario som beskrivs i rapportern är detta är inte möjlig idag då vi brottas med alltför långa beräknings- och simuleringstider men det skulle vara intressant att på sikt kunna stödja försvarsmakten med detta.

Kapitel 5

Slutsatser och fortsatt arbete

5.1 Slutsatser

Vi har tagit fram ett scenario för urban miljö, avsett för studier av kommunikationsmöjligheter på länk- och nätnivå. Tanken är att scenariot skall kunna användas vid analyser, utvärderingar eller presentationer av exempelvis funktioner och prestanda hos kommunikationssystem. Stadsscenariot beskriver eftersökning och patrullering i urban miljö och har tagits fram i samarbete med MSS Kvarn. För att genomföra beräkningar av länkegenskaperna har programmet RPS (Radiowave Propagation Simulator) använts. En fördel med RPS är att programmet har kapacitet att genomföra mycket noggranna beräkningar, men en nackdel är att detta leder till långa beräkningstider. Från kapitel 3 kan vi konstatera att de beräkningsmodeller som använts antingen är för enkla och därmed ger felaktiga resultat, eller alltför komplicerade och därmed beräkningstunga. Av denna anledning är scenariot begränsat till ett område av ett par kvarter och patrullerande enheter till fots. Det krävs en fortsatt utveckling för att hitta beräkningsmodeller för urban miljö som ger tillräckligt bra resultat inom rimliga beräkningstider.

5.2 Fortsatt arbete

Framtagande av en bättre beräkningsmodell

För att stadsscenarioet som beskrivs i denna rapport ska kunna användas vid utvärderingar av t.ex. nätegenskaper krävs det att vi känner till länkens kapacitet. Flera försök har gjorts för att få fram bra resultat, se kapitel 3, men beräkningsmodellerna har inte visat sig lämpliga för denna typ av tillämpning när man räknar på ett helt nät som dessutom är mobilt. De modeller som hittills har använts har varit alltför beräkningstunga eller alltför förenklade. Det skulle därför behöva tas fram en modell för detta ändamål som kan ge tillräckligt goda resultat men inom rimlig tid.

Användande av data över Norrköpings stad i RPS

Idag använder sig bland annat Markstridsskolan (MSS) av Norrköping som exempelstad då man håller övningar kring militära operationer i urban miljö. Anledningarna till att Norrköping används är flera, bland annat det korta avståndet till MSS. Stadens utformning med broar, hamn, tågstation och flygplats är också intressant. Av denna anledning skulle det vara av intresse att även lägga in data över Norrköpings stad i RPS. Man skulle då t.ex. kunna jämföra mätningar med beräkningar vid övningar och FOI skulle lättare kunna samarbeta med försvarsmakten. Idag saknas data över Norrköping som direkt kan användas i RPS, men det finns lasermätningar av staden som FOI tagit fram och som efter lite arbete skulle gå att använda.

Verktyg för framtagande av olika scenarier

I vissa situationer skulle det kunna vara effektivt att snabbt kunna ta fram nya scenarier. Ett förslag är därför att man skapar ett verktyg där man t.ex. genom att klicka i en bild av en stad enkelt kan bygga upp ett rörelsemönster, ett scenario. För att sedan få en bild av kapaciteten i nätet krävs beräkningar av länkarna i näten vilket tar ytterligare tid men med tillräckligt enkla modeller kan även denna tid vara hanterbar. Detta skulle i framtiden kunna utnyttjas då man t.ex. planerar kommunikationssystemen vid olika taktiska operationer.

Taktisk kommunikation inne i och mellan byggnader

Ett annat relativt outforskat område är hur den taktiska kommunikationen fungerar inne i byggnader. Det finns möjligheter att i programmet RPS även modellera hus och placera sändare och mottagare inne i byggnader. Om en soldat ska gå in i en byggnad kan det vara av högsta vikt att han har kontakt med enheten utanför byggnaden om det är möjligt. Hur länken ser ut i dessa situationer och hur man kan adaptera tekniken är därför intressant att studera.

Utvecklande av nya scenarier, exempelvis med andra händelseförlopp

Det kommunikationsscenario som har tagits fram beskriver ett specifikt händelseförlopp, sökning och patrullering i urban miljö. Det finns naturligtvis en uppsjö av tänkbara scenarion, och för att kunna analysera ett kommunikationsnät krävs det att man inte bara studerar en situation och ett scenario. Det finns därför behov av att utveckla fler scenarion som beskriver andra händelseförlopp. Här finns det möjligheter till att t.ex. studera andra stadstyper, olika fordon och enheter, olika antal kommunikationsnoder, mobilitet, radiosändare och mottagare. Det är dock viktigt att de scenarier man väljer att modellera beskriver situationer som idag är aktuella.

Sensorer i kommunikationsscenarier

Fotsoldaterna i scenariot använder endast radiokommunikation. Militära operationer i urban miljö kräver dock mycket personal och ett sätt att klara av att lösa uppgiften på utan att väsentligt öka antalet personer är att använda olika typer av sensorer. Därför kan det vara intressant att studera inverkan av t.ex. flygande sensorplattformar för att sända lägesinformationen till grupperna eller att placera ut marksensorer som t.ex. varnar då fordon passerar en korsning.

Litteraturförteckning

- [1] F. Eklöf and B. Johansson, “Position distribution service for mechanised units,” User Report FOA-R--00-01734-504--SE, Defence Research Est., Div. of Command and Control Warfare Tech. Linköping, Sweden, December 2000, In Swedish.
- [2] “RPS Radiowave Propagation Simulator,” User manual-version 5.2.1, Radioplan GbmH, Dresden, 2004.
- [3] COST 231, *Digital mobile radio towards future generation system*, Final report, COST Telecom Secretariat, European Commission, Brussels, Belgium, 1999.
- [4] Catedra M. F. and Perez-Arriaga J., “Cell planning for wireless communications,” Tech. Rep., 1999.
- [5] Löfsved E., Lundborg B., Holm P., and Waern Å., “Deterministic calculation of wave propagation in urban areas,” Tech. Rep. FOI-R--1339--SE, Div. of Command and Control Systems, FOI, Swedish Defence Research Agency, 2004.

