



Linnéuniversitetet

Sjöfartshögskolan

Sjökaptnensprogrammet
Självständigt arbete

WAN-optimering för sjöfarten

*– En möjlighet att effektivisera
datakommunikationen till sjöss*



Johannes Axelsson
2013-09-30
Program: Sjökaptnensprogrammet
Kurs: Självständigt arbete
Nivå: 15 hp
Kurskod: SA300S / 1SJ31E



Linnéuniversitetet Sjöfartshögskolan i Kalmar

Utbildningsprogram:	Sjökapstensprogrammet
Arbetets omfattning:	Självständigt arbete om 15hp
Titel:	WAN-optimering för sjöfarten
Författare:	Johannes Axelsson
Handledare:	Mats Ahlstrand

Abstrakt

Verksamheten ombord på fartyg blir mer beroende av datakommunikation och många av arbetsuppgifterna ombord underlättas genom att besättningen kan nå information lagrad på annan plats. Fartygens bredbandsanslutning sker till största delen via satellitkommunikation där långa avstånd och begränsad datahastighet resulterar i att datakommunikationen blir ineffektiv. I denna studie undersöks vilken prestandaförbättring som utrustning för nätverksoptimering kan innebära för långsamma WAN-förbindelser via satellit. Undersökningen visade att det största problemet med anslutningar via satellit är den signalfördröjning som uppkommer vid långa sändningsavstånd. Detta medför att det blir prestandaproblem för datatrafiken och användare upplever anslutningen som långsam. För att åtgärda detta finns utrustning som hanterar datatrafiken och genom olika tekniker kan öka prestandan på anslutningen. För att undersöka hur stor prestandaförbättringen kan vara genomfördes ett antal olika experiment med utrustning för nätverksoptimering. Experimenten genomfördes genom att utvärdera filöverföringar med och utan nätverksoptimering. Resultaten visar att utrustningen för nätverksoptimering ger en stor prestandaförbättring vid filöverföringar.

Nyckelord: Satellitkommunikation, Nätverksoptimering, VSAT, Sjöfart, Wide area network, WAN-optimering.



Linnaeus University Kalmar Maritime Academy

Degree course:	Nautical Science
Arbetets omfattning:	Diploma Thesis, 15 ETC
Title:	WAN Optimization for maritime networks
Author:	Johannes Axelsson
Supervisor:	Mats Ahlstrand

Abstract

Shipboard operations have become more reliant of data communication and many of the duties on board may be facilitated if the crew can access information stored elsewhere. The broadband connection between ship and shore is mostly done via satellite communication where long distances and limited data rate results in inefficient data communication. This study examines network optimization and the performance improvement this can have regarding slow WAN connections via satellite. The survey showed that the biggest issue with data communication via satellite is the signal delay caused by the long transmission distance which means that there will be performance degradation for data traffic and users will experience the data communication as slow. To solve this there is equipment that enhances the performance of the connection and handles the data communication by implementing various techniques. To investigate how much the performance improvement can be this study carried out a number of experiments with network optimization equipment. The experiments evaluated file transfer with and without network optimization. The results show that the network optimization gives a major performance improvement regarding file transfer.

Keywords: Satellite communication, Network optimization, VSAT, Shipping, Wide area network, WAN optimization.



Definitioner och förkortningar

Bandbredd	- Den mängd av data som under en given tid kan överföras i ett nätverk.
CIFS	- Common Internet File System. Standardprotokoll för filöverföring mellan Windowsklienter.
DSL	- Digital Subscriber Line. Nätverksteknologi för bredbandsanslutning via koppartråd.
ECDIS	- Electronic Chart Display and Information System. En standard för elektroniska sjökort.
Frame Relay	- Internationell standard för datalänkprotokoll.
FTP	- File Transfer Protocol. Filöverföringsprotokoll för datafiler.
GEO	- Geostational Earth Orbit. Satelliter som är placerade i en geostationär omloppsbana i ekvatorplanet på 35 800 km höjd.
GMDSS	- Global Maritime Distress and Safety System, GMDSS. Globalt sjöräddningssystem.
INMARSAT	- Företag som tillhandahåller satellitkommunikation i huvudsak för den maritima sektorn. Är det enda godkända satellitsystemet för GMDSS.
Jitter	- Signalstörning som har en negativ inverkan på datatrafiken.
LAN	- Local Area Networks. Sammankoppling av datautrustning som är geografiskt placerad i samma område.
Nedlänk	- Mottagning av datatrafik.
Paketförlust	- Sända datapaket som ej når mottagaren.
TCP	- Transmission Control Protocol. Vanligt förekommande datakommunikationsprotokoll.
Upplänk	- Sändning av datatrafik.
VSAT	- Very Small Aperature Terminal. En typ av utrustning för satellitanslutning.
VPN	- Virtual Private Network. En teknik för säker dataförbindelse.
WAN	- Wide Area Networks. Ett datanätverk som spänner över större geografiska områden.



Innehåll

1	Inledning	1
1.1	Introduktion	1
1.2	Bakgrund	1
1.3	Relaterad forskning	2
1.4	Syfte	3
1.5	Frågeställning	3
1.6	Avgränsning	3
2	Metod	4
2.1	Val av metod	4
2.2	Dataanalys	5
2.3	Källkritik	5
2.4	Etiska aspekter	5
3	Genomförande	6
3.1	Testmiljö	6
3.2	Experiment	8
4	Faktaorientering – Datakommunikation mellan fartyg och rederi	10
4.1	WAN, Wide Area Networks	10
4.2	Problemet med WAN-förbindelser	11
4.3	WAN-optimering	13
5	Resultat	16
5.1	Experiment 1 - Spara ny fil på server via upplänk	16
5.2	Experiment 2 - Öppna ny fil från server via nedlänk	17
5.3	Experiment 3 - Spara befintlig fil på server via upplänk	18
5.4	Experiment 4 - Öppna befintlig fil från server via nedlänk	19
5.5	Experiment 5 - Filöverföring med FTP via upplänk	20
5.6	Experiment 6 - Filöverföring med FTP via nedlänk	21
6	Analys	22
6.1	Analys av experimenten	22
6.2	Analys av litteraturstudien	22
7	Diskussion	24
7.1	Resultatdiskussion	24
7.2	Metoddiskussion	25
7.3	Framtida forskning	26
	Referenslista	27

1 Inledning

1.1 Introduktion

Utvecklingen inom datakommunikation har under de senaste decennierna gått mycket fort och idag är det möjligt att ansluta en stor del av den tekniska utrustningen som finns ombord till fartygets nätverk. Det används även olika administrativa hanteringssystem för att dela information och hjälpa till vid beslutsfattningen ombord på fartyg och rederi. Informationen från dessa system sparas i databaser ombord som hålls uppdaterade och replikeras mellan fartyget och rederiets kontor i land (Algelin, 2010). Anslutningen mellan fartyg och rederier sker oftast med hjälp av satellitkommunikation genom ett gemensamt nätverk, ett så kallat WAN (Wide Area Network). Avstånden mellan sändare och mottagare i ett WAN är långa och överföringshastigheterna som erbjuds via satellit är begränsade. Detta medför att det uppkommer fördröjningar i nätverken vilket leder till prestandaproblem för datatrafiken och användarna upplever anslutningen som långsam. Det är därför intressant att undersöka vilka möjligheter som nätverksoptimering har för att åtgärda de prestandaproblem som finns med långsamma WAN-förbindelser via satellit.

1.2 Bakgrund

I och med möjligheten med dataöverföring mellan fartyg och land samt tillgång till Internet har många arbetsuppgifter ombord fått ett behov av datakommunikation. Detta innebär att rutiner för arbetsuppgifter ombord förändrats och prestandaproblem med datatrafiken påverkar tiden det tar att utföra olika arbetsuppgifter. För befäl med bryggarbete innebär det att mjukvaruuppdateringar av bryggutrustning och uppdatering av sjökort till ECDIS (Electronic Chart Display and Information System) kan laddas ned via rederiets nätverk eller från Internet. Ruttplanering, väderkartor och navigationsvarningar kan uppdateras i realtid (Sjöfartsverket, 2013). System för planering och underhållsarbete kan uppdateras gemensamt av fartygsanställda och landanställda. Lönesystem hålls uppdaterade och integreras direkt med databaser i land. För maskinbefäl innebär det att mjukvaruuppdateringar av system finns tillgängliga och data från automationssystem kan presenteras i realtid för personal i land (Kongsberg, 2012). System för inventering av reservdelar, beställningar och underhåll replikeras med system i land. Leverantörer för teknisk utrustning kan i realtid få information om status eller hjälpa till med felsökning via fjärråtkomst. Andra arbetsuppgifter kan omfatta informationssökning på Internet eller i databaser, kontakt med myndigheter

och agenter. Möjligheter finns för att genomföra videokonferenser med deltagare både från fartyg och landbaserade kontor.

Vid sidan av detta förbättras även möjligheterna för besättningens sociala samvaro i och med tillgång till Internet och telefoni. Fartygen är besättningens arbetsplats och bostad och nästan all fritid tillbringas ombord. Mycket av besättningens privata kommunikation sker via Internet och det ställs högre krav från de anställda till sjöss att fartygen får bättre och snabbare anslutning.

1.3 Relaterad forskning

Det har tidigare gjorts undersökningar som behandlar WAN-optimering av långsamma förbindelser.

Kidston & Kunz (2008) undersöker i sin studie olika nätverksmodeller för hur information kan delas mellan fartyg och land samt hur dessa kan administreras. I studien undersöks även vilka problem som begränsad överföringshastighet medför för olika applikationer. Kidston & Kunz (2008) skriver i avsnittet för fortsatt forskning: "A critical issue in maritime networks is how to best make use of the limited bandwidth and connectivity available." (Kidston & Kunz, 2008, s.168)

Som nämndes i introduktionen uppkommer även andra problem i långsamma WAN-förbindelser. Zhang et.al. (2012) gör en mer detaljerad undersökning av hur förbindelser med hög fördröjning påverkar prestandan i ett WAN. I studien konstateras: "Another obvious barrier in WANs is the high latency introduced by long transmission distance, protocol translation, and network congestions." (Zhang et.al. a.a. s.1090) I undersökningen studeras även olika optimeringstekniker som kan lösa dessa problem samt en teoretisk jämförelse av olika leverantörer för denna typ av utrustning.

Balakrishnan (2011) beskriver i sin rapport olika förutsättningar för att implementera WAN-optimering. En intressant del av rapporten visar hur effektiv bandbredd kan beräknas för WAN-förbindelser.

Andra intressanta studier som legat till grund för detta arbete är ett examensarbete av Rubin & Rundqvist (2012) som undersöker hur det vaktgående befälets arbetssituation ser ut då det administrativa arbetet har ökat ombord när besättningarna minskat till förmån för ny teknik. Som förslag på fortsatt forskning skriver de: "Även teknikutvecklingens inverkan på tiden det tar att utföra olika arbetsuppgifter som det åligger det vaktgående befälet att göra under vakten." (Rubin & Rundqvist, 2012, s.34)

1.4 Syfte

Syftet med detta arbete är att undersöka vilken prestandaförbättring som nätverksoptimering kan ge vid långsamma WAN-förbindelser via satellit.

1.5 Frågeställning

- Hur kan nätverksoptimering åtgärda de prestandaproblem som finns med långsamma WAN-förbindelser via satellit?
- Hur stor är prestandaförbättringen vid filöverföringar med nätverksoptimering?

1.6 Avgränsning

Det här arbetet behandlar förbindelser via satellit mellan fartyg och land. Arbetet har inte för avsikt att beskriva kompletterande kommunikationsmedel så som 3G, WiFi eller stadsnätsanslutning när fartygen är i hamn. Arbetet undersöker inte förekommande leverantörer av produkter för nätverksoptimering. Vid experimenten mäts endast tiden vid överföring av filer. Arbetet kommer ej att behandla annan utrustning än den som avses stå i direkt relation med en utrustning som används för WAN-optimering.

2 Metod

Denna studie genomfördes med ett kvalitativt tillvägagångssätt och delades upp i en teoretisk och en experimentell del. Den teoretiska delen genomfördes i form av litteraturstudier och den experimentella delen genomfördes i form av planerad laboration för att studera utrustningens funktion.

2.1 Val av metod

För att få en god teoretisk förståelse för ämnet och kunna göra en empirisk studie genomfördes först en litteraturstudie. Denna genomfördes med en kvalitativ metod vilken lämpar sig bra för att få en djupare förståelse för ett väl avgränsat ämne (Davidsson & Patel, 2003). Information från vetenskapliga artiklar och relevant litteratur sammanställdes och analyserades. Resultatet från litteraturstudien användes sedan för att kunna undersöka frågeställningarna med en experimentell metod.

Den experimentella metoden genomfördes som en planerad laboration i en testmiljö som sattes upp med hjälp av informationen från litteraturstudien. Laborationen genomfördes i form av olika experiment där det var möjligt att påverka och variera de relevanta variablerna samt mäta dem (Hansson, 2007). Det finns även ett krav på att experiment ska dokumenteras och genomföras med god kontroll så att de går att upprepa. Hansson (2007) skriver i sitt arbete: ”Därför är det ett huvudkrav på en rapport om ett vetenskapligt experiment att det ger läsaren tillräcklig information för att kunna upprepa experimentet.” (Hansson, 2007, s.62). För att uppfylla upprepbarhetskravet dokumenterades testmiljön noggrant och en testprocess utarbetades vilken beskriver en exakt ordningsföljd vid genomförande av respektive test. Detta var det mest tidskrävande momentet i studien.

Det finns även andra metoder som skulle kunna varit lämpliga för detta arbete. Kvalitativa ostrukturerade intervjuer var initialt tänkt som möjlig metod för att komplettera litteraturstudiens datainsamling. Viss information inhämtades genom samtal med tekniskt sakkunniga, men intervju som metod valdes bort då tillräckligt mycket material av hög kvalitet inhämtades genom litteraturstudien. Även en fallstudie hade varit en lämplig metod men valdes bort på grund av svårigheten att undersöka frågeställningarna i en driftsatt miljö.

2.2 Dataanalys

Informationen från litteraturstudien utvärderades och sammanställdes för att ligga till grund för att svara på frågeställningarna. För att studien skulle ge möjlighet till att få god insikt i ämnet och konkretisera detta ur ett sjöfartsmässigt perspektiv sammanställdes först en faktaorientering för att underlätta för läsaren att förstå frågeställningarna samt resultatet från den experimentella undersökningen. Resultatet från den experimentella undersökningen utvärderades genom analys och resultatet användes för att besvara frågeställningen.

2.3 Källkritik

Resultatet av litteraturstudien delades in i primärdata och sekundärdata. Information som klassades som primärdata var vetenskapliga artiklar, böcker och avhandlingar som inhämtats från akademiska litteraturdatabaser och bibliotek. Som sekundärdata klassades information inhämtat från tidningsartiklar och olika internetsidor. Även information från leverantörer klassades som sekundärdata eftersom det ligger i respektive leverantörs intresse att endast nämna styrkor med sin egen produkt. Som stöd vid klassificeringen av primärdata och sekundärdata användes de källkritiska principerna. Thurén (2005) beskriver dessa principer utförligt i sin bok om den källkritiska metoden.

2.4 Etiska aspekter

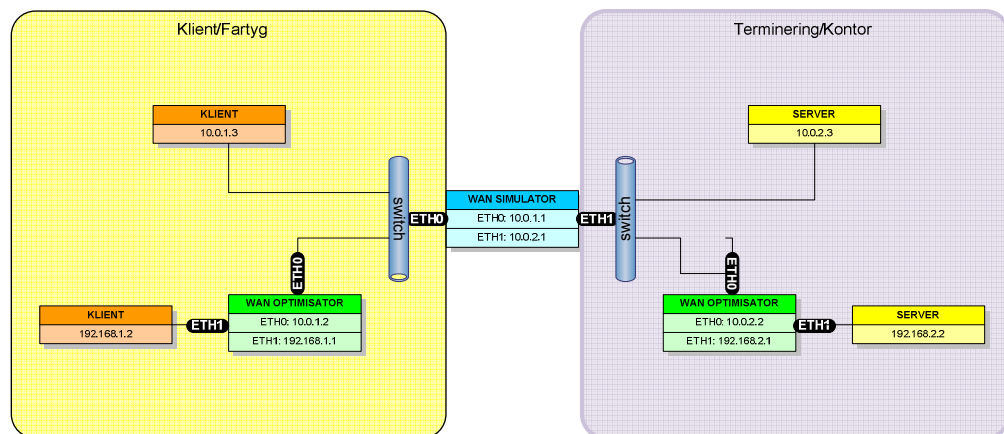
I samband med att studien påbörjades undersöktes de etiska krav som ställs på forskningsprocessen (Vetenskapsrådet, 2013). Då denna undersökning genomfördes utan medverkan av människor identifierades inga risker med etiska dilemman.

3 Genomförande

Denna studie ämnar undersöka vilken prestandaförbättring som nätverksoptimering kan ge vid långsamma WAN-förbindelser via satellit och för att undersöka detta genomfördes praktiska experiment med en produkt för WAN-optimering. I detta avsnitt kommer genomförandet för den experimentella metoden att presenteras.

3.1 Testmiljö

Utgångspunkten för testmiljön var att simulera nätverksförbindelse mellan ett fartyg och rederi som går över en långsam WAN-förbindelse med hög nätverksfördröjning. Uppsättningen bestod av en testmiljö med två sidor där den ena sidan representerar fartyget och den andra sidan representerar rederiet. Varje sida har en uppsättning med WAN-optimering och en uppsättning utan. För att simulera nätverksfördröjning och bandbredd användes en WAN-simulator mellan de olika nätverken. I figur 1 illustreras hur testmiljön var uppsatt.



Figur 1 - Översikt av testmiljön

3.1.1 Ingående komponenter

Testmiljön bestod av hårdvarukomponenter och mjukvarukomponenter. För undersökningen av WAN-optimering användes Blue Coat SG210. Denna hårdvara innehåller ett operativsystem framtaget för komprimering, mellanlagring och accelerering. Dessa tekniker beskrivs i senare kapitel. Switchar som användes på respektive sida av testmiljön var Cisco Catalyst 2950. Klient och serverdatorerna bestod av Lenovo T500 och T510 med Microsoft Windows 7 som operativsystem.

Hårdvaran för WAN-simulatore var en standard PC med två nätverkskort som använde gratisprogrammet WANem. Detta program ger flera möjligheter att ändra parametrar för att simulera en riktig WAN-förbindelse.

Filöverföringar med FTP genomfördes med gratisprogrammet FileZilla där serverversion och klientversion installerades på respektive sida av testmiljön. För att mäta tidsåtgång vid filöverföringar och tidsåtgång för att öppna och spara dokument över den simulerade WAN-förbindelsen användes gratisprogrammet AppTimer. Mätningarna dokumenterades och sammanställdes i Excel.

3.1.2 Variabler

För att simulera en VSAT-satellitanslutning över WAN-simulatore valdes en hastighet på 512 kbps för upplänk och 1024 för nedlänk. Detta värde justerades inför respektive experiment beroende av om klienten sänder eller tar emot data. Värden för nätverksfördröjning, jitter och paketförlust justerades till fasta värden i samtliga experiment för att kunna jämföra resultaten.

- Nätverksfördröjning justerad till 500 millisekunder (ms).
- Jitter justerad till 100ms.
- Paketförlust justerad till 2%.

De olika experimenten genomfördes med filöverföringar mellan klient och server i testmiljön och varje experiment bestod av 12 filer med en bestämd mängd data. Filtyperna som valdes att användas bestod av olika Officedokument då dessa är vanligt förekommande för arbetsrelaterad data (Microsoft, 2012). Utöver detta använder dessa filtyper protokollet CIFS för överföring mellan klient och server. Filändelserna som användes var .doc, .xls och .ppt.

Filnamn	Filstorlek
2Mb.doc	2053 kB
2Mb.xls	2070 kB
2Mb.ppt	2086 kB
1Mb.doc	1024 kB
1Mb.xls	1029 kB
1Mb.ppt	1036 kB
500k.doc	512 kB
500k.xls	512 kB
500k.ppt	516 kB
200k.doc	205 kB
200k.xls	209 kB
200k.ppt	214 kB

3.2 Experiment

I denna studie valdes att genomföra sex olika experiment för att utvärdera effekterna av WAN-optimering. Innan varje experiment påbörjades genomfördes en funktionskontroll av utrustningen med syftet att säkerställa testmiljöns grundkonfiguration. För att minska risken för slumpmässiga variationer utfördes varje experiment tre gånger och resultaten från dessa användes som underlag för att räkna ut medelvärden. Samtliga experiment utfördes mellan klient och server och varje experiment utfördes med och utan nätverksoptimering. Följande experiment utformades och genomfördes:

- Experiment 1. Spara ny fil på server via upplänk
- Experiment 2. Öppna ny fil från servern via nedlänk
- Experiment 3. Spara befintlig fil på servern via upplänk
- Experiment 4. Öppna befintlig fil från servern via nedlänk
- Experiment 5. Filöverföring med FTP via upplänk.
- Experiment 6. Filöverföring med FTP via nedlänk.

I ovanstående beskrivningar och härafter menas spara eller öppna ny fil med att filen ej tidigare har överförts mellan klient och server. Med spara eller öppna befintlig fil menas att filen tidigare har överförts mellan klient och server.

3.2.1 Testprocess

För att experimenten skulle utföras upprepade gånger samt uppfylla upprepbarhetskravet genomfördes experimenten med hjälp en testprocess. En testprocess utvecklades för experiment ett till fyra då dessa utfördes genom att spara och öppna filer. Experiment fem och sex utfördes med filöverföring via FTP och fick därför en separat testprocess.

Testprocess för experiment ett till fyra demonstreras nedan:

1. Verifiera kommunikation mellan klient och server utan WAN-optimering.
2. Starta och konfigurera AppTimer.
3. Spara respektive Officedokument på servern.
4. Spara loggfilen från AppTimer och fyll i testresultat för tidsåtgång utan WAN-optimering i Excel.
5. Återställ testmiljön.
6. Verifiera kommunikation mellan klient och server med WAN-optimering
7. Starta och konfigurera AppTimer.
8. Spara respektive Officedokument på servern.
9. Spara loggfilen från AppTimer och fyll i testresultat för tidsåtgång med WAN-optimering i Excel.

Testprocess för experiment fem och sex demonstreras nedan:

1. Verifiera kommunikation mellan klient och server utan WAN-optimering.
2. Starta och konfigurera FileZilla på klient och server.
3. Starta filöverföring från klient till servern och därefter från server till klient.
4. Spara loggfilen från FileZilla och fyll i testresultat för tidsåtgång utan WAN-optimering i Excel.
5. Återställ testmiljön.
6. Verifiera kommunikation mellan klient och server med WAN-optimering
7. Starta och konfigurera FileZilla på klient och server.
8. Starta filöverföring från klient till servern och därefter från server till klient.
9. Spara loggfilen från FileZilla och fyll i testresultat för tidsåtgång med WAN-optimering i Excel.

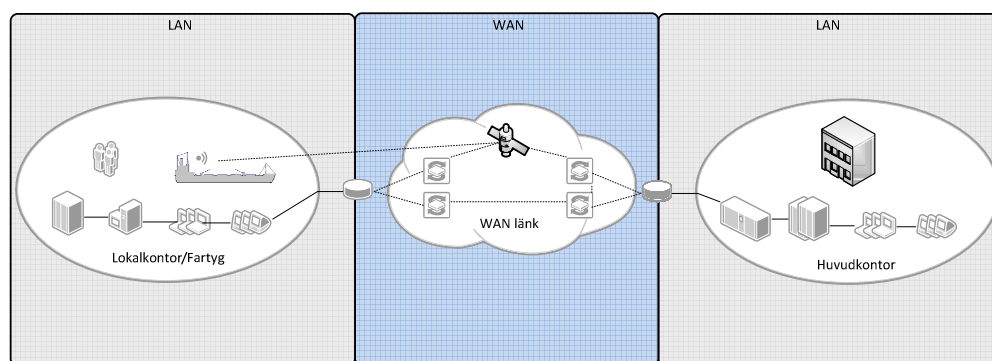
4 Faktaorientering – Datakommunikation mellan fartyg och rederi

För att underlätta för läsaren att förstå studiens resultat behandlar detta avsnitt allmänt hur datakommunikation mellan fartyg och rederi går till, vilka problem som finns och hur nätverksoptimering kan bidra för att lösa dessa problem.

4.1 WAN, Wide Area Networks

Datakommunikationen mellan ett fartyg och rederi görs primärt genom en så kallad WAN-förbindelse via satellitkommunikation. Ett sätt att kategorisera nätverk är att dela in dem i local-area networks (LAN) och wide-area networks (WAN). I ett LAN kopplas arbetsstationer, skrivare och annan utrustning som är geografiskt placerad i samma byggnad eller område. Denna utrustning tillhör samma nätverk vilket administreras lokalt (Vachon & Graziani, 2011).

WAN är nätverk som spänner över större geografiska områden och oftast har behov av en nätverksoperatör för att koppla samman nätverken. WAN-förbindelsen förenar fasta och mobila nätverk så att sändare och mottagare får samma kommunikationsmöjligheter som i ett LAN. Exempel på WAN-teknologi är DSL, Frame Relay och satellitkommunikation. I figur 2 illustreras nätverkstopologin för en WAN-förbindelse.



Figur 2 - WAN-förbindelse

Större delen av datakommunikationen via satellit till och från fartyg går idag via VSAT på C-bandet och Ku-bandet.

Överföringshastigheten för C-bandet brukar ligga på 256 kbps för upplänk och 1024 kbps för nedlänk. Överföringshastigheten för Ku-bandet brukar ligga på 512 kbps för upplänk och 2048 för nedlänk (Brödje, 2008).

4.2 Problemet med WAN-förbindelser

Prestandan på WAN-förbindelsen står i relation till distans och antal hopp som krävs mellan ändpunkterna (Ericsson & Telia, 1998). Prestandaproblem uppkommer även när informationen delar WAN-länken med all annan trafik, så som applikationer, bredbandstelefone, privat trafik och även annan oönskad trafik. Detta leder till överbelastning på nätet vilket uppstår när en länk eller nod bär så mycket data att dess tjänsters kvalitet försämras. Typiska problem i WAN-förbindelser beskrivs i följande stycken.

4.2.1 Bandbredd och trafikstockning

Bandbredd är den tekniska term som används för att beskriva den mängd av data som under en given tid kan överföras i ett nätverk (Grevers & Christner, 2012). Bandbredden blir ett problem när användare och system sänder och tar emot mycket data över en WAN-förbindelse. Arbetsrelaterad trafik ska samsas med nöjestråfik och även oönskad trafik över samma länk vilket leder till kapacitetsproblem. En lösning kan vara att köpa anslutning med mer kapacitet, men när det gäller WAN-förbindelser, och i synnerhet satellitlänkar är det dyrt och det löser inte problemet med signalfördröjningen. Även om förbindelsen har mycket bandbred uppstår blockering av nya förbindelser, så kallad trafikstockning, eftersom svarstiderna är långa vilket är oundvikligt på grund av den fysikaliska fördröjningen.

4.2.2 Fördröjning

I WAN-förbindelser via satellitlänkar orsakas fördröjningen främst av satelliternas höjd (avstånd från jorden) och av antalet gånger data måste hanteras längs transmissionsvägen (Maral, 2004). För att förtydliga detta kan vi räkna ut signalfördröjningen med följande formel:

$$t = \frac{d}{c}$$

Signalfördröjningen (t) = Total distans i km för signal (d) / Signalens hastighet (c). Radiosignaler färdas med ljusets hastighet, d.v.s. 300 000m/s.

Signalfördröjningen för en GEO satellit med en höjd på 35 800 km blir

$$t = \frac{35800 * 2}{300000}$$

$$t = 0,2386 \text{ sekunder} \rightarrow 239 \text{ millisekunder}$$

Utöver detta tillkommer även en kumulativ fördröjning på några millisekunder (ms) för varje gång data hanteras av mellanliggande nätverksutrustning och en utbreddningsfördröjning i marknätet. Utbreddningsfördröjningen för en anslutning med en längd av 1 m är cirka 10 nanosekunder (ns) och fördröjningen som mellanliggande nätverksutrustning adderar är mellan 5 till 10 ms (Grevers & Christner, 2012). Resultatet av detta är att signalfördröjningen och den kumulativa fördröjningen för en satellitlänk uppskattas ligga mellan är på ca 300 – 600 ms och räknar vi på en tur och retur signal kan fördröjningen bli över 1000 ms.

Fördröjningen påverkar även datagenomströmningen av transport- och applikationsprotokoll som används för datakommunikation. Det transportprotokoll som vanligast används för överförning av data mellan ändpunkter är Transmission Control Protocol (TCP). TCP sänder en liten mängd data i taget och måste sedan vänta på ett mottagningsbevis från ändpunkten innan mer data kan sändas. (Internet Engineering Task Force, 1981). I en WAN-förbindelse där svarstiderna är långa blir detta ett problem eftersom kapaciteten inte kan utnyttjas fullt ut på grund av den fysiska fördröjningen som en satellitlänk ger. Detta ger även paketförluster eftersom det blir mer frekvent att mottagningsbeviset inte kommer inom förväntad tid och omsändning av datan måste ske. Detta blir särskilt tydligt vid bredbandstelefoner och överföring av stora filer.

Ett vanligt applikationsprotokoll är CIFS (Common Internet File System) vilket är standardprotokollet för filöverföring mellan Windowsklienter (Microsoft, 2012). CIFS körs över TCP och får därmed liknande problem. CIFS är mer känslig för fördröjning eftersom protokollet delar upp filerna som ska överföras i mindre datablock än TCP och där varje enskilt block måste godkännas innan nästa kan sändas. Detta bidrar då till en ökad trafikmängd som måste gå via WAN-förbindelsen.

4.3 WAN-optimering

För att åtgärda de problem som finns med WAN-förbindelser går det att implementera nätverksoptimering, även kallad WAN-optimering. WAN-optimering är olika tekniker för att minska problemen med fördröjning, brist på bandbredd och protokollegenskaper. De mest vanliga teknikerna som används för WAN-optimering är komprimering, mellanlagring och accelerering (Blue Coat, 2011).

4.3.1 Komprimering

Komprimering är viktigt för att minska konsumerad bandbredd på en WAN-länk. Det finns olika typer av komprimeringar, och förenklat handlar det om att hitta ett mönster i den datasekvens som skall komprimeras och ersätta detta med en kortare sekvens. Ett enkelt exempel på en komprimering är om strängen AAAABCBCBC ersätts med 4A3BC. I detta fall minskar strängen med hälften av det totala antal tecken som initialt användes. Beroende på vilken data som skall komprimeras kan olika komprimeringsalgoritmer vara lämpliga. Data som redan har komprimerats är ofta svårt att påverka (Olofsson, 2009).

4.3.2 Mellanlagring

Mellanlagring består av datareducering och caching. Datareducering är en teknik som bygger vidare på komprimeringstekniken men i detta fall identifierar dubletter av data i datablock och hela filer. När flera instanser av samma data upptäcks så skrivs endast en referens till den tidigare förekomsten och därmed går det att minska den totala datasekvensen som skall överföras eller lagras (Zhang et.al. 2012).

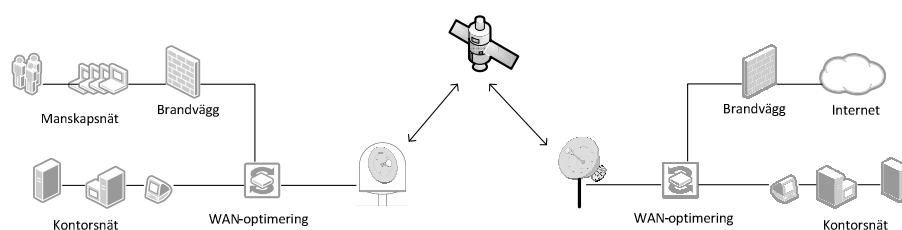
Caching är en effektiv teknik för att för att minska svarstider och datatrafik över en WAN-förbindelse. Filer och data som ofta anropas lagras lokalt i utrustningen för WAN-optimering vilket innebär att informationen finns tillgänglig utan att behöva gå till den ordinarie platsen över WAN-förbindelsen. Beroende av vilka objekt eller data som ofta anropas finns det olika metoder för cachetekniken implementeras. Innehålls-cache innebär att hela filer lagras lokalt i cachen. Om data ändras i någon av filerna överförs endast information om den ändring som utförts vilket minskar mängden data som behöver gå över WAN-förbindelsen. Funktions-cache innebär att hela applikationer kan replikeras och cachas i utrustningen för WAN-optimering. I detta fall kan applikationer som vanligtvis behöver köras från en server på andra sidan WAN-förbindelsen istället köras lokalt. (Zhang et.al. 2012). Utöver ovan nämnda cachingtekniker finns även funktioner för att mellanlagra objekt från webbsidor vilket medför en förbättrad nedladdningshastighet för klienten då delar eller hela webbsidan hämtas lokalt.

4.3.3 Accelerering

Det huvudsakliga syftet med accelerering är att effektivisera de protokoll som används över WAN-förbindelsen. Som tidigare nämnts är TCP och CIFS vanliga protokoll som används vid datakommunikation. TCP optimeras genom att bekräftelserna på mottagningsbevis görs av utrustningen för WAN-optimering istället för ändpunkten på andra sidan WAN-förbindelsen (Olofsson, 2009). Detta innebär att sändare och mottagare effektivare kan utnyttja kapaciteten då tiden för mottagningsbevisen minimeras. CIFS optimeras genom att utrustningen för WAN-optimering tillåter en större blockstorlek vilket minskar mängden trafik som går över WAN-förbindelsen. Oftast överförs dokument och kalkylfiler med CIFS vilka även går att optimera med hjälp av komprimering och mellanlagring. Resultatet av detta är att CIFS går att optimera mycket effektivt.

4.3.4 Utrustning

Utrustningen för WAN-optimering består av ett operativsystem som är installerad på en anpassad hårdvara för detta ändamål med anslutningar för ingående och utgående datatrafik. Utrustningen installeras innan satellitmodemet ombord på fartyget för att all trafik ska passera utrustningen för optimering. På kontoret iland kan utrustningen installeras på olika sätt beroende på hur nätverket är designat. Om all trafik går via VPN över internet installeras utrustningen utanför eller vid sidan av brandväggen. Har kontoret en egen satellitanslutning eller direkllänk via nätoperatören installeras utrustningen innanför brandväggen. Figur två illustrerar hur nätdesign med WAN-optimering kan se ut.



Figur 2 - Nätdesign med WAN-optimering

Det finns flertalet leverantörer som erbjuder olika produkter för WAN-optimering. Balakrishnan (2011) undersökte i sin rapport olika leverantörer av WAN-optimering. Zhang et.al (2012) gör en detaljerad genomgång i sin rapport av de större leverantörerna och vilka olika optimeringstekniker som respektive leverantör

använder. Eftersom det finns många arbeten som beskriver respektive leverantörer för denna typ av utrustning gör detta arbete ingen genomgång av leverantörer.

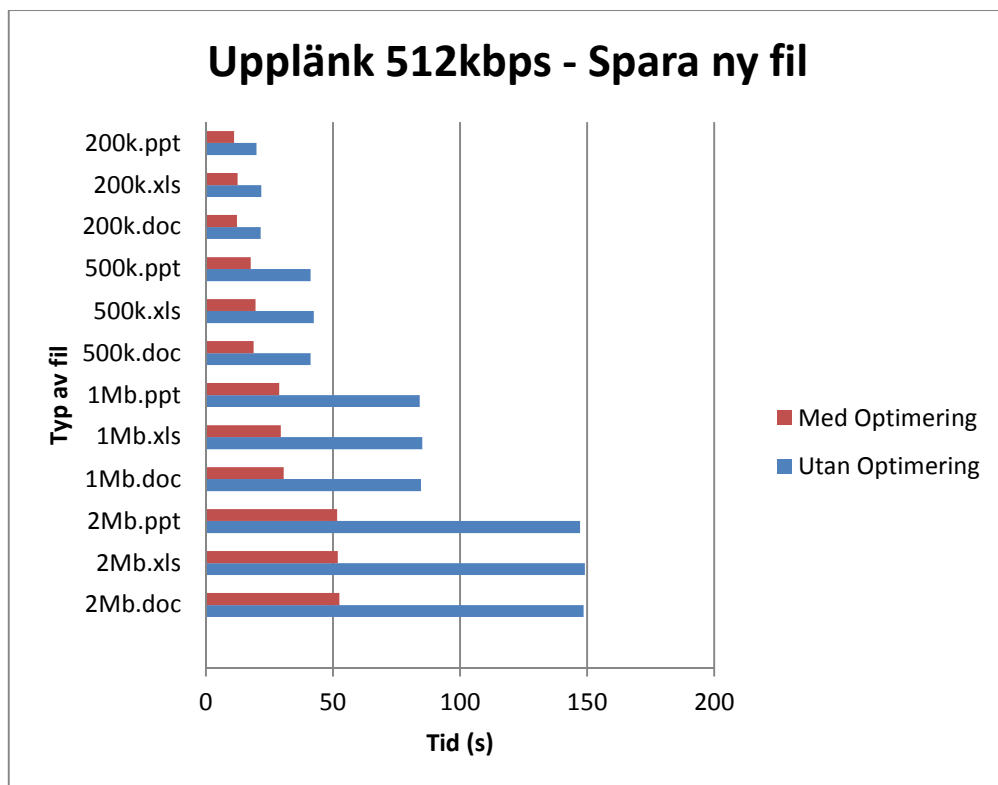
5 Resultat

Under denna rubrik presenteras resultaten av de utförda experimenten. För att jämföra tidsåtgång och utvärdera prestandaförbättringen vid filöverföring redovisas varje experiment i diagramform. Varje diagram redogör för detta med två staplar som visar tidsåtgången utan respektive med WAN-optimering.

5.1 Experiment 1 - Spara ny fil på server via upplänk

Det första experimentets syfte var att utvärdera WAN-optimering då en klient sparar ett nytt Officedokument som en fil på servern via upplänk på 512 kbps. I tabell 1 redovisas resultaten.

Tabell 1 - Experiment 1



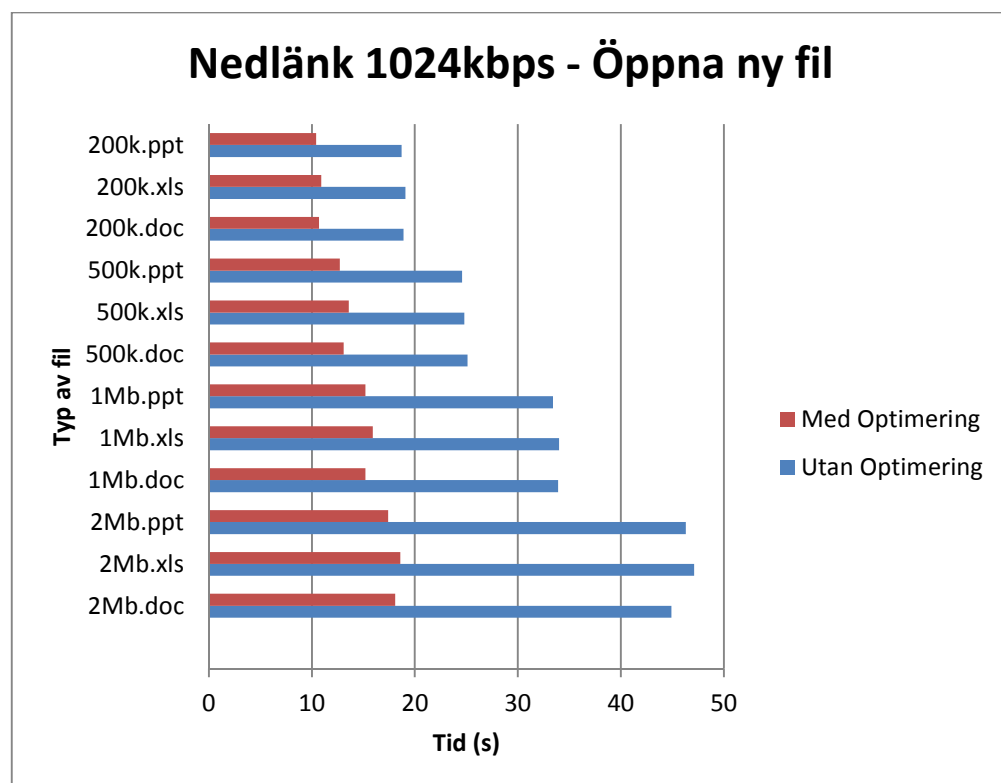
Resultatet av det första experimentet visar att det är en stor skillnad av tidsåtgången vid filöverföringar utan och med WAN-optimering. Störst prestandaskillnad visar medelvärden för enskilda filer där överföring av större filer ger en större tidsvinst relativt filens storlek. Denna prestandaskillnad noterades vid samtliga utförda

experiment. Medelvärde för tidsåtgången vid överföring av samtliga 12 filer var 887,2s utan optimering och 336,9s med optimering. Detta visar på att WAN-optimering i detta fall ger en tidsvinst på 62%.

5.2 Experiment 2 - Öppna ny fil från server via nedlänk

Syftet med det andra experimentet var att utvärdera WAN-optimering då en klient öppnar ett nytt Officedokument från en fil på servern via nedlänk på 1024 kbps. Resultatet redovisas nedan i tabell 2.

Tabell 2 - Experiment 2

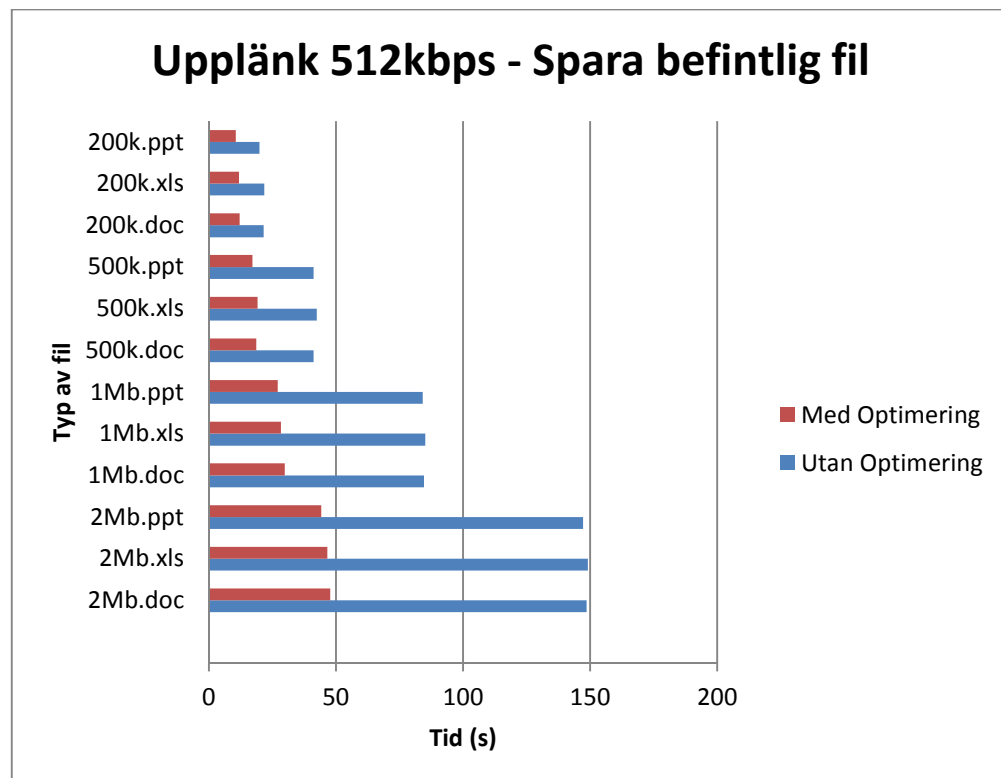


Även i detta experiment visar resultaten på en markant skillnad av tidsåtgången utan respektive med WAN-optimering. Vid jämförelse med resultatet från experiment 1 visar det att den procentuella tidsvinsten för filöverföring med optimering inte är lika effektiv som vid upplänk, men den högre bandbredden ger en lägre tidsåtgång totalt. Medelvärde för tidsåtgången vid överföring av samtliga 12 filer var 370,8s utan optimering och 171,8s med optimering. Resultatet av detta experiment visar att WAN-optimering i detta fall ger en tidsvinst på 54%.

5.3 Experiment 3 - Spara befintlig fil på server via upplänk

I det tredje experimentet var syftet att utvärdera WAN-optimering då en klient sparar ett befintligt Officedokument som en fil på servern via upplänk på 512 kbps. Resultatet av detta experiment visas i tabell 3 nedan.

Tabell 3 - Experiment 3

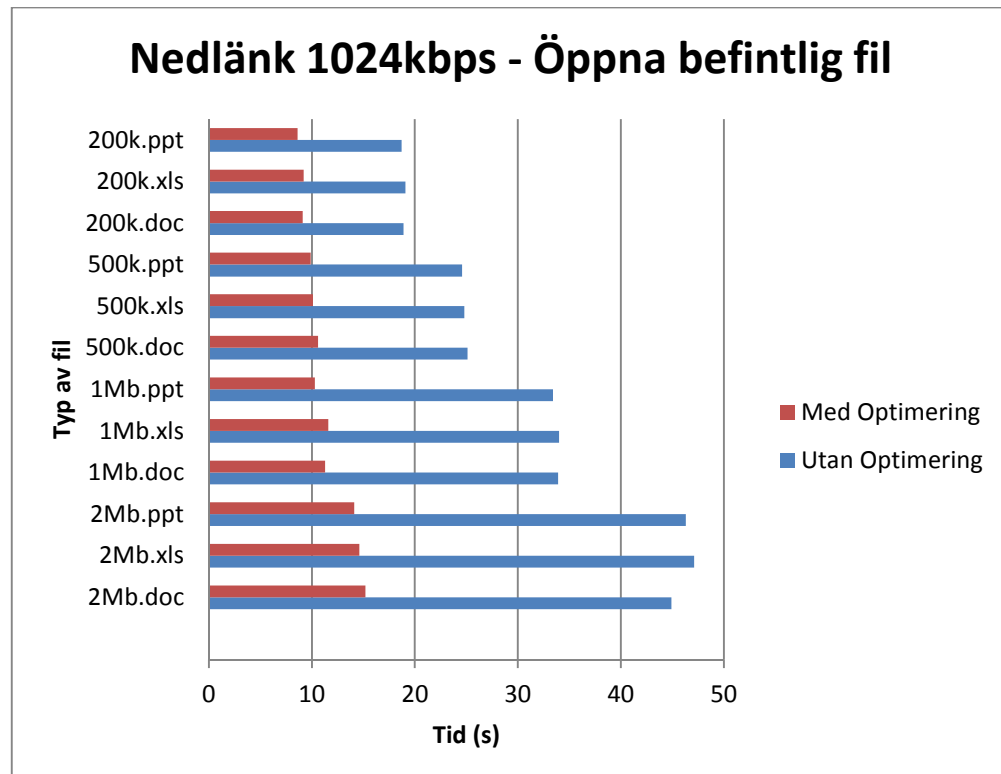


Detta experiment visar på en prestandaförbättring vid överföring med befintliga filer jämfört med föregående experiment vilka genomfördes med nya filer. Resultatet för individuella filer visar en prestandaförbättringen mellan 2-5 % jämfört med samma resultat för experiment 1. Återigen noteras det en större prestandaförbättring för de större filerna. Resultatet av medelvärdet gällande den totala tidsåtgången vid överföring av samtliga 12 filer var 887,2s utan optimering och 313,5s med optimering. I detta fall ger WAN-optimering en tidsvinst på 65%.

5.4 Experiment 4 - Öppna befintlig fil från server via nedlänk

Syftet med det fjärde experimentet var att utvärdera WAN-optimering då en klient öppnar ett befintligt Officedokument från en fil på servern via nedlänk på 1024 kbps. I tabell 4 finns resultatet från detta experiment.

Tabell 4 - Experiment 4

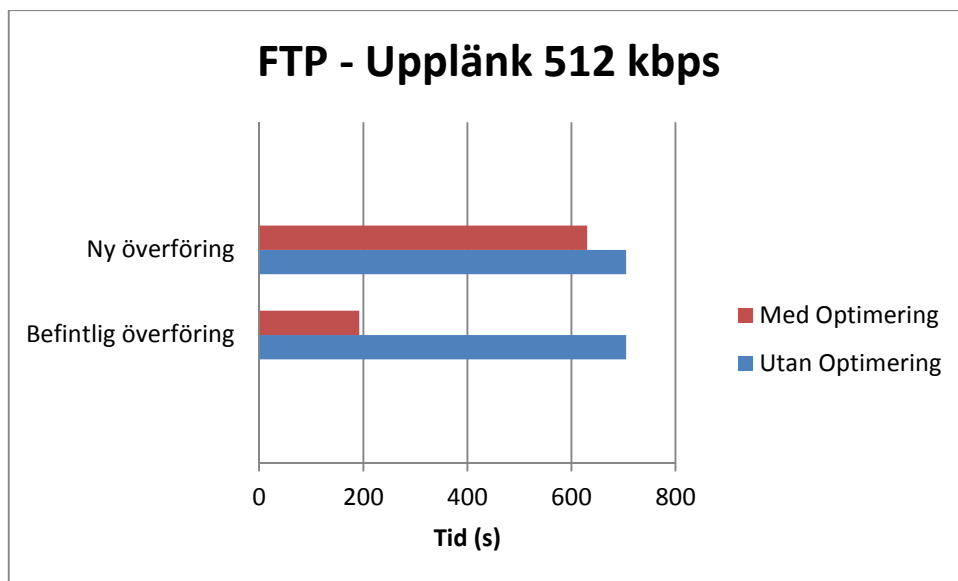


I detta experiment noteras en jämnare tidsåtgång vid överföring av de mindre och större filerna. De mindre filerna med en storlek mellan 200-500kB har ett medelvärde av tidsåtgång på 9,58s och de större filerna med en storlek mellan 1Mb-2Mb har ett medelvärde på 12,85s. Den jämnare tidsåtgången är ett resultat av att den största prestandaförbättringen som noteras är den som sker vid överföringen av befintliga större filer. Vid jämförelse med experiment 2 visar resultatet för detta experiment en prestandaförbättring mellan 6-14% för individuella filer. Medelvärdet för tidsåtgången vid överföring av samtliga 12 filer var 370,8s utan optimering och 134,6s med optimering. Resultatet av detta experiment visar att WAN-optimering i detta fall ger en tidsvinst på 64%.

5.5 Experiment 5 - Filöverföring med FTP via upplänk

Det femte experimentets syfte var att utvärdera WAN-optimering då en klient gör en sekventiell filöverföring via FTP till servern. Filerna som användes var samtliga testfiler från tidigare experiment med den sammanlagda storleken på totalt 11,1Mb. Överföringen görs via upplänk på 512 kbps. Resultatet redovisas i tabell 5 nedan.

Tabell 5 - Experiment 5

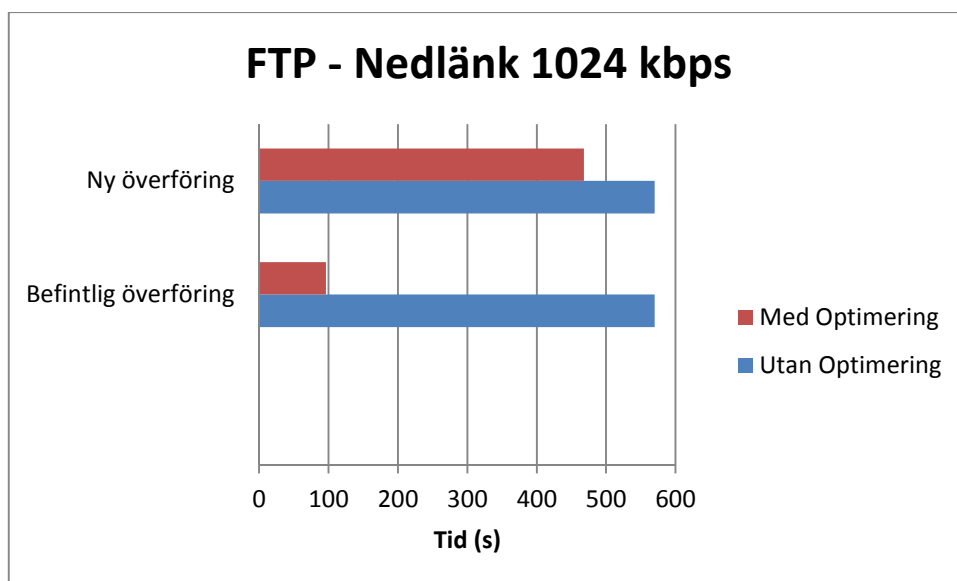


Resultatet av detta experiment visar att på en mycket stor prestandaförbättring när det gäller befintliga filer och då filöverföringen sker med FTP. Även filöverföringar med nya filer ger en prestandaförbättring, men tidsvinsten är mindre procentuellt än vid jämförelse med tidigare experiment. Medelvärdet för tidsåtgången utan optimering vid en ny och befintlig överföring var 705,1s. Med optimering och en ny överföring var medelvärdet 630,4s vilket ger en tidsvinst på 11%. Medelvärdet för tidsåtgången vid överföring av befintliga filer med optimering var 192,3s. Detta visar på att WAN-optimering i detta fall ger en tidsvinst på 73%.

5.6 Experiment 6 - Filöverföring med FTP via nedlänk

I det sista experimentet var syftet var att utvärdera WAN-optimering enligt samma uppsättning som för experiment fem, men med skillnaden att i detta fall göra filöverföring via nedlänk med hastighet 1024 kbps. Resultatet av detta experiment visas i tabell 6 nedan.

Tabell 6 - Experiment 6



Återigen visar resultatet att den största prestandaförbättringen sker vid överföring av befintliga filer via FTP. Vid jämförelse av resultaten från föregående experiment noteras en signifikant tidsvinst vid överföring av befintliga filer i detta experiment. Prestandaförbättringen när det gäller ny överföring är även i detta experiment procentuellt mindre än tidigare experiment. Resultatet av medelvärdet vid överföring utan optimering var 570,1s för ny och befintlig överföring. Medelvärdet med optimering och ny överföring var 468,4s vilket ger en tidsvinst på 18%. Vid överföring av befintliga filer var medelvärdet 96,8s vilket ger en tidsvinst för WAN-optimering på 83%. Jämfört med samtliga utförda experiment noteras här den största prestandaförbättringen.

6 Analys

Under denna rubrik presenteras en analys av resultaten av de utförda experimenten och litteraturstudien.

6.1 Analys av experimenten

Resultatet visar att WAN-optimering ger en stor prestandaförbättring i förbindelser med liten bandbredd och hög nätverksfördröjning. Vid jämförelse av de experiment som utfördes med nya filer noteras att komprimering och accelerering effektivt gör att det blir en snabbare förbindelse. Detta eftersom det blir mindre data att sända samt att avsändaren inte behöver vänta på bekräftelser för varje datapaket från andra sidan förbindelsen.

Analysen av de experiment genomförda med befintliga filer, dvs. filer som redan överförts en gång, visar den största prestandaförbättringen. Förutom komprimering och accelerering kan dessa filer även dra nytta av mellanlagring för att optimera trafiken. Istället för att behöva sända hela dataströmmen från början mellanlagras och identifieras ändringar i filer vilket minskar mängden data som behöver färdas över förbindelsen.

Vid jämförelse mellan de protokoll som användes vid experimenten noteras att det vid en ny filöverföring med FTP ger en mindre prestandaförbättring jämfört med CIFS som användes vid sparande och öppnande av Officedokument. För FTP var tidsvinsten för en ny filöverföring mellan 11-18% och för CIFS var det 54-62%. Däremot noterades att en befintlig överföring med FTP ger den största tidsvinsten på 83% jämfört med CIFS som var mellan 64-65%. Detta visar att båda protokollen effektivt kan optimeras men CIFS får en jämnare optimering totalt.

Analysen av de utförda experimenten visar att de tekniker som används för WAN-optimering effektivt kan åtgärda de prestandaproblem som finns för långsamma WAN-förbindelser. Beroende av vilken typ av trafik som går genom utrustningen för WAN-optimering visar resultaten en prestandaförbättring mellan två till fem gånger än utan optimering.

6.2 Analys av litteraturstudien

Litteraturstudien visar datakommunikationen mellan ett fartyg och rederi primärt går via ett gemensamt nätverk som förbinds genom ett WAN. Förbindelserna består till största delen av satellitkommunikation vilket innebär stora avstånd mellan sändare och mottagare samt en begränsad bandbredd och höga kostnader. Studien visar även

att det finns flera prestandaproblem med datakommunikation över långsamma WAN-förbindelser och att problem som nätverksfördröjning och paketförluster står i relation till den fysikaliska fördröjningen som en satellitlänk ger. Även om kapaciteten på förbindelsen ökas finns problem med nätverksfördröjning kvar eftersom informationen alltid behöver gå genom en eller flera satellitanslutningar.

För att lösa problemen med WAN-förbindelser finns det olika metoder och det är framförallt tre olika tekniker som är vanligast. Undersökningen av detta visar att WAN-förbindelser med utrustning för optimering presterar betydligt bättre än förbindelser utan. Studien visar även att all trafik inte optimeras lika effektivt, men att WAN-optimering generellt ger stora prestandavinster.

7 Diskussion

Under denna rubrik kommer resultatet och metoden att diskuteras. Även förslag på framtida forskning kommer att diskuteras.

7.1 Resultatdiskussion

Syftet med detta arbete är att undersöka vilken prestandaförbättring som nätverksoptimering kan ge vid långsamma WAN-förbindelser via satellit. För att få förståelse och kunskap att undersöka detta preciseras syftet i två frågeställningar. Nedan diskuteras resultatet i relation till dessa.

Frågeställning: Hur kan nätverksoptimering åtgärda de prestandaproblem som finns med långsamma WAN-förbindelser via satellit?

För att kunna svara på frågeställningen undersöktes först hur datakommunikationen mellan fartyg och rederi går till och vilka problem som är vanliga i dessa förbindelser. När fartygssystemen blir mer integrerade rederiernas landbaserade kontor ställer detta högre krav på en effektiv och stabil datakommunikation (Algelin, 2010). I många fall beskrivs bandbredd som det främsta bakomliggande problemet till försämrade prestanda i WAN-förbindelser (Kidston & Kunz, 2008).

Under arbetets gång framkom att det största prestandaproblemet med långsamma WAN-förbindelser via satellit är den fysikaliska fördröjningen vilken uppstår på grund av de långa avstånden mellan sändare och mottagare. Även om förbindelsens bandbredd ökas går det inte att frångå problemet med den fysikaliska signalfördröjningen. För att åtgärda detta har flera av de leverantörer av satellitsystem som undersöktes en inbyggd funktion för TCP-accelerering i satellitmodemet. Denna teknik gör att bandbredden kan utnyttjas mer effektivt, men funktionen har ej möjlighet att mellanlagra eller minska mängden data som sänds över förbindelsen. För att åtgärda dessa problem behövs ytterligare tekniker vilka finns i separat utrustning för WAN-optimering.

Denna studie visar att prestandaproblem med långsamma WAN-förbindelser kan åtgärdas genom att installera och använda utrustning för WAN-optimering. De mest vanliga teknikerna som används av utrustningen för WAN-optimering är komprimering, mellanlagring och accelerering.

Frågeställning: Hur stor är prestandaförbättringen vid filöverföringar med nätverksoptimering?

Mot bakgrund av den information som inhämtats under litteraturstudien visar resultatet av experimenten en bättre prestandaförbättring än vad som förväntades. Det noteras även att när samma filer överförs flera gånger ökar tidsvinsten något för varje gång filerna överförs.

Sammanställning av resultaten för samtliga experiment utförda med optimering visar en tidsvinst av 45 minuter jämfört med resultaten utan optimering. För en användare som nyttjar en optimerad förbindelse kan det gå att spara väntetid vid arbete där data måste gå via ett WAN. En intressant reflektion som görs av resultatet är att prestandaförbättringen eventuellt kan medföra att tiden det tar att utföra olika arbetsuppgifter minskar. Med integrerade system och en effektivare filöverföring kan det även finnas en möjlighet att fördela vissa arbetsuppgifter till land vilka beskrivs i avsnitt 1.2. Relaterat till underökningen av det administrativa arbetet ombord av Rubin & Rundqvist (2012) kan detta bidra till att minska det administrativa arbetet för besättningen.

7.2 Metoddiskussion

Studien valdes att genomföras med en kvalitativ experimentell ansats för att få en djupare förståelse för hur datakommunikationen mellan fartyg och land fungerar samt hur denna kan förbättras. Litteratursökningar genomfördes med hjälp av universitetsbibliotekets databaser och ämnesguider för sjöfart samt datavetenskap, men viss information inhämtades även från olika leverantörers internetsidor. Det finns en stor mängd litteratur som beskriver vilka problem som generellt uppkommer i WAN-förbindelser och vilken teknik som finns för att förbättra dessa. Resultatet av den insamlade litteraturen visar dock att det ur ett sjöfartsperspektiv finns en brist på vetenskapliga artiklar och forskning inom detta område. På grund av detta var det relevant att genomföra praktiska experiment för att utvärdera hur WAN-optimering kan förbättra mycket långsamma WAN-förbindelser via satellit. För denna typ av frågeställningar lämpar sig en experimentell metod. Större delen av den tekniska informationen är skriven på en nivå som kräver djupa kunskaper om datakommunikation och stor tid har fått avläggas för att konkretisera detta ur ett sjöfartsmässigt perspektiv. Kanske kunde intervjuer genomförts med tekniskt sakkunniga för att minska denna tid.

Utöver litteraturstudien fokuserar studien på att mäta prestanda vid jämförelse av filöverföringar med och utan WAN-optimering med experiment. Fördelen med att

genomföra experiment är att själv få undersöka hur tekniken fungerar. Det som tog mest tid i anspråk var att utforma och förbereda vilka experiment som skulle genomföras. En möjlig svaghet med experimenten är valen av vilka variabler som ska användas för att simulera en WAN-förbindelse via satellit. Det kan finnas andra eller mer lämpliga variabler att justera än de som valdes ut. Andra svagheter med den experimentella metoden är att det finns fler faktorer som möjligen borde undersökas för att avgöra om det finns andra prestandavinster med WAN-optimering. För att få en bättre förståelse för den totala prestandavinsten kanske även mätningar med http trafik bör genomföras. Även tester med video och bredbandstelefoner hade varit intressanta att undersöka. Den prestandavinst som uppmättes i experimenten kanske hade blivit mindre om det varit fler aktiva enheter i nätverket samtidigt som genomför filöverföringar eller nyttjat applikationer för annan trafik.

Om experimenten genomförts fyra eller fem gånger kan resultatet visat på en något bättre prestandavinst vilket beror på att tidsvinsten ökar något varje gång en befintlig fil överförs. Detta kunde eventuellt ha undersökts ytterligare. Det kunde även vara intressant att undersöka om det finns någon gräns för när filerna når sin slutpunkt för ökad tidsvinst.

Prestandaproblem med anslutningen kan även resultera i minskad produktivitet för användarna, vilket kanske studien kunde belysa mer. Som tidigare nämnt kanske även en fallstudie i en fartygsmiljö varit intressant att undersöka om WAN-optimering kan påverka produktiviteten genom minskade väntetider för datakommunikation.

7.3 Framtida forskning

I en framtida studie kan det vara intressant att undersöka om det finns något behov av att kunna fördela vissa arbetsuppgifter till land för att minska det administrativa arbetet ombord då en stabil och snabb anslutning finns tillgänglig. Det kan även vara intressant att undersöka om det finns andra vinster eller risker med stabil och snabb anslutning. Även besättningens åsikter om ovan nämnda kan leda till större eller mindre arbetsbelastning kan vara intressant att undersöka.

INMARSAT planerar att lansera en ny generation av satellitkommunikationsutrustning under 2013-2014 som heter Global Xpress. Detta system introducerar ny teknik för effektiv dataöverföring via satellitlänk med hastigheter upp till 50 Mbps (INMARSAT, 2013). En fortsättning på denna studie skulle kunna vara att undersöka detta system i relation till hur det hanterar de prestandaproblem som framkommit i denna studie.

Referenslista

Algelin, G. B. (2010) *Maritime Management Systems – A survey of maritime management system*. Chalmers tekniska högskola, Institutionen för sjöfart och marin teknik.

Balakrishnan, B. (2011) *Case study and analysis of WAN Optimization pre-requirements*. Cornell University.

BlueCoat. (2011) *High Performance WAN and Internet*. Tillgänglig elektronisk: <http://www.bluecoat.com/documents/download/77ea68f1-ccd4-430b-bde7-7c6311606640/1d086939-9a64-4d01-9946-21bbad2de8d9> [2013-04-12]

Brödje, L. (2008) *From Inmarsat to broadband: Developments within maritime communication*. Tillgänglig elektronisk: <http://www.telemargroup.com/Portals/0/Article%20Scandinavia%20Shipping%20Gazette%202008.pdf> [2013-03-16]

Davidsson, B., Patel, R. (2003). *Forskningsmetodikens grunder - Att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. Lund: Studentlitteratur.

Ericsson., Telia. (1998) *Att förstå telekommunikation*. Studentlitteratur.

Grevers, T., Christner, J. (2012) *Application acceleration and wan optimization fundamentals*. Cisco: Cisco Press.

Hansson, S-O. (2007) *Konsten att vara vetenskaplig*. Kungliga Tekniska Högskolan, Institutionen för filosofi och teknikhistoria.

Inmarsat. (2013) *Setting a new standard for maritime communications*. Tillgänglig elektronisk: <http://www.igx.com/maritime> [2013-03-20]

Internet Engineering Task Force. (1981) *Transmission Control Protocol/Internet Protocol*. Tillgänglig elektronisk: <http://tools.ietf.org/html/rfc1122> [2013-03-23]

Kidston, D., Kunz, T. (2008) *Challenges and Opportunities in Managing Maritime Networks*. IEEE Communications Magazine, 46, 10, pp. 162-168.

Kongsberg. (2012) *Ship@Web*. Tillgänglig elektronisk: <http://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/AllWeb/D064933E991BA761C12578B90031FD80?OpenDocument> [2013-01-26]

Maral, G. (2003) *VSAT Networks Second Edition*. Chichester: Wiley

Microsoft. (2012) *CIFS, Common Internet File System*. Tillgänglig elektronisk:
<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa302188.aspx> [2013-03-23]

Olofsson, Kent. (2009) *Så fungerar wan-optimering*. Tillgänglig elektronisk:
<http://techworld.idg.se/2.2524/1.257284/wan-optimering-satter-fart-pa-natet>
[2013-03-16]

Rubin, M., Rundqvist, A. (2012) *Administratör eller sjöbefäl? En studie om befälens arbetssituation i dag*. Sjöfartshögskolan, Linneuniversitetet Kalmar.

Sjöfartsverket. (2013) *MONALISA: Motorvägar och e-navigation till sjöss*.
Tillgänglig elektronisk:
<http://www.sjofartsverket.se/pages/29163/MONALISA%20progress%20report%20October%202012.pdf> [2013-03-19]

Thurén, T. (2005). *Källkritik*. Journalisthögskolan: Liber

Vachon, B., Graziani, R. (2011) *Accessing the WAN*. Cisco: Cisco Press.

Vetenskapsrådet. (2013) *Forskningsetiska principer*. Tillgänglig elektronisk:
<http://www.codex.vr.se/texts/HSFR.pdf> [2013-03-19]

Zhang, Y., Ansari, N., Wu, M., Yu, H. (2012) *On Wide Area Network Optimization*.
IEEE , vol.14, no.4, pp. 1090-1113.