



Linnéuniversitetet

Institutionen för datavetenskap, fysik och matematik

Examensarbete

Mobilt bredband till mobil röntgen

*Förbättring av Region Skånes pilotprojekt med
mobil röntgenverksamhet*



Författare: Tommi Toivanen

Termin: VT12

Ämne: Datateknik

Nivå: Grundnivå

Kurskod: 2ED13E

Abstract

This abstract describes a degree project in computer engineering at Linnaeus University. The Department of Radiology at SUS, Skåne University Hospital in Lund, is using a lightweight portable x-ray machine that weights about 90 kg, for radiography services in nursing homes for elders.

The images are transferred to hospital PACS when the machine returns to the hospital, this is done with Dragon connecting to hospital network via wire.

The goal is to improve the currently too slow and unreliable wireless communication, so the images can be transferred to hospital PACS directly after examination.

This report describes what alternatives can be used and investigates whether the mobile broadband services currently available in Skåne County are good enough to be relied on for the task.

The conclusion is that a 3G HSDPA/HSUPA subscription can be used reliably enough, if extra redundancy is added via dual SIM cards using separate mobile networks and the signal is strengthened by an antenna placed outdoors on the transport vehicle.

The transport vehicle is used as a bridge between Wifi and mobile networks.

The mobile x-ray machine communicates with the transport vehicle via Wifi.

In those cases Wifi does not work due to difficult building environments, a backup solution was worked out to be used.

I also investigated and compared the DICOM protocol against FTP.

This was to find out if DICOM has an overhead that would motivate using FTP instead for the transmission of the images, the result of the comparison showed that DICOM has an 5-10 % overhead compared with FTP.

Sammanfattning

Detta arbete beskriver en examensuppsats i datateknik på Linnéuniversitetet.

Röntgenavdelningen på SUS, Skånes Universitetssjukhus i Lund, använder en lättviktig flyttbar röntgenmaskin som väger endast cirka 90 kg, för röntgenundersökningar ute på äldreboenden.

Bilderna överförs till sjukhusets PACS när maskinen är tillbaka på sjukhuset, genom att man kopplar in Dragon via kabel till sjukhusets nätverk.

Målsättningen är att förbättra den trådlösa kommunikationen som för närvarande är för långsam och opålitlig, så att bilderna kan överföras till sjukhusets PACS direkt efter undersökningen.

I detta arbete beskrivs vilka alternativ som kan användas.

Samt om de mobila bredbandstjänster som finns tillgängliga i Region Skåne är bra nog för att kunna användas för uppgiften.

Slutsatsen är att ett 3G HSDPA/HSUPA abonnemang kan vara tillförlitligt nog.

Framför allt om extra redundans tillförs med dubbla SIM-kort som använder separata nät och att signalen förstärks med antenn placerad utomhus på transportfordonet.

Transportfordonet används som brygga mellan Wifi och mobilt nätverk.

Röntgenmaskinen kommunicerar med transportfordonet via Wifi.

För de fall Wifi inte fungerar på grund av byggnader och omgivande miljö arbetades ett reservalternativ fram.

Jag har också undersökt och jämfört DICOM protokollet mot FTP.

Detta för att se om DICOM har en overhead som skulle motivera användet av FTP istället för sändning av bilder. Resultatet av jämförelsen visade att DICOM har 5-10 % overhead jämfört med FTP.

Förord

Examensarbetet har utförts på uppdrag av Region Skåne, för Bild- och Funktionsdiagnostiskt Centrum, Röntgen, på Skånes Universitetssjukhus i Lund.

Arbetet har utförts i samverkan med en projektgrupp bestående av medverkande från Institutionen för Datavetenskap Lunds Universitet, avdelningen för Medicinsk Teknik och BFC Röntgen SUS.

Målsättningen har varit att skapa en skalbar och funktionell lösning som ska kunna införlivas i verksamheten.

Ett stort tack till

- Sivert Karlsson, som har fungerat som handledare och bollplank under projektet.
- Karin Eklund, som startade projektet och som skött de praktiska detaljerna för projektet.
- Projektgruppen: Jimmy Johansson, Boris Magnusson, Bengt Nilsson, Lars Jonsson.
- Agne Persson och övriga i det mobila röntgen teamet.
- Alla på BFC Röntgen teknikavdelningen, vilka alla varit behjälpliga när jag behövt det.
- Nina Holmstedt, Röntgen Öst CSK Kristianstad, som hjälpte mig ta fram ett bra referensmaterial för testsändningar.
- Linnéuniversitetet, som gav mig möjligheten att skriva en uppsats om detta arbete.

Ordlista

PACS, Picture Archiving and Communication System, system för hantering, visning, åtkomst och lagring av medicinska digitala bilder.

DICOM, Digital Imaging and Communications in Medicine, en standard för medicinska bilder, i detta arbete används filformatet och kommunikationsprotokollet specificerat i DICOM.

QoS, Quality of Service, att kunna hålla en viss kvalite, mininivå på förbindelsen.

1G, första generationens mobiltelefoni, två varianter fanns i Sverige, NMT-900 och NMT-450. Dessa var analoga, och är numera nedlagda. I Sverige övertogs 450 MHz frekvensbandet av Net1 för mobilt bredband.

2G, andra generationens mobiltelefoni, den första som var digital, GSM-systemet med Edge-teknologin som den snabbaste för datakommunikation med teoretisk gräns på 284 kbit/s.

3G, tredje generationens mobiltelefoni. UMTS-systemet, med bättre hastigheter än GSM-Edge, teoretisk 384 kbit/s uppströms i grundversionen.

4G, fjärde generationens mobiltelefoni. Vidareutveckling av UMTS, kan i teorin ge hastigheter uppemot 100 Mbit nedströms och 50 Mbit uppströms.

HSDPA, High Speed Downlink Packet Access, även kallat "Turbo 3G" eller "3.5"G, en protokoll-uppgradering till 3G som ger snabbare hastigheter nedströms.

HSUPA, High Speed Uplink Packet Access, uppgradering tillhörande HSDPA-protokollet och har en teoretisk topphastighet uppströms på 5.76 Mbit.

AP, Accesspunkt.

APN, Access Point Name.

FTP, File Transfer Protocol, ett nätverksprotokoll designat för förflyttning av filer.

Fail over, i datasammanhang ett redundant system, med två eller flera reservalternativ som står redo att ta över om något inte fungerar, så att driftavbrott undviks.

WLAN, Wireless Local Area Network, trådlöst lokalt datornätverk.

Wifi, samlingsnamn på trådlösa nätverk som ingår i IEEE 802.11 standarder.

ICMP, Internet Control Message Protocol, ett protokoll som ingår i TCP/IP.

VPN, Virtual Private Network, teknik som skapar säkra förbindelser genom t.ex. Internet.

Round Robin, en matematisk algoritm för schemaläggning av processer inom data.

ACK, acknowledgement, i nätverksprotokoll en bekräftelse på att man har mottagit ett meddelande.

NLOS, Non-Line-of-Sight, används i radiosändning som term när sändaren och mottagaren inte har visuell sikt.

LOS, Line-of-Sight, sändaren och mottagaren har visuell sikt.

RIS, Radiologiskt Informations System, digitalt journalsystem anpassat för röntgen.

Jumboramar, Ethernet-ramar som innehåller mer än 1500 byte.

MB, MegaByte, i detta arbete är 1 MB = 1024 KB (KiloByte).

SUS, i detta arbete menas Skånes universitetssjukhus Lund.

Innehållsförteckning

1 Mobilt bredband för mobil röntgen _____	7
1.1 Bakgrund _____	7
1.2 Syfte och problemformulering _____	7
1.3 Målsättning _____	8
1.4 Minimikrav _____	8
1.5 Avgränsningar och begränsningar _____	8
1.6 Arbetsmetod för projektet _____	8
2 Alternativa möjligheter med för- och nackdelar _____	9
2.1 Internet via NMT _____	9
2.2 Satellit _____	9
2.3 Radiomodem _____	10
2.4 Dynamisk uppkoppling _____	10
3 Områden som ska undersökas djupare _____	11
3.1 Befintlig teknik d.v.s. 2G/3G/4G _____	11
3.1.1 Lastbalansering med flera simkort _____	11
3.1.2 Fail over med flera simkort _____	11
3.1.3 Förbättra mottagningen med antenn _____	11
3.1.4 Dicom protokollet _____	11
3.1.5 Komprimering _____	12
3.1.6 Mellanlagring _____	12
3.1.7 Befintlig utrustning _____	12
4 Laborationer och undersökningar _____	12
4.1 Befintligt telefonabonnemang _____	12
4.2 Befintlig 3G-router _____	13
4.3 Antenn _____	13
4.4 Hastighetsmätningar av mobilt Internet _____	15
4.5 Flera simkort _____	17
4.5.1 Lastbalansering _____	18
4.5.2 VPN-bonding _____	19
4.6 Komprimering _____	24
4.7 DICOM _____	26
4.7.1 DICOM vs FTP jämförelser _____	27
4.7.2 DICOM i Wireshark _____	30
4.8 Mellanlagring av bilder _____	32
4.9 Dragon _____	34

5 Slutsatser laborationer och undersökningar	35
5.1 Mätning av mobilt Internet	35
5.2 Komprimering	36
5.3 Zeroshell	36
5.4 Inventering av befintlig utrustning	37
5.4.1 Nuvarande router	37
5.4.2 Nuvarande 3G abonnemang	37
5.4.3 Antenn	38
5.4.4 Dragon	38
5.5 DICOM	38
5.6 Dubbla simkort för redundans	38
5.7 Mellanlagring av bilder	39
6 Plan för genomförande av lösningen	40
6.1 Bilen som basstation	41
6.2 Kommunikation mellan Dragon och bil	42
6.3 Val av våglängd för kommunikation mellan bil och Dragon	43
7 Resultat och fortsatt arbete	45
8 Sammanfattning och egen analys	49
Källhänvisningar	53

1 Mobilt bredband för mobil röntgen

1.1 Bakgrund

I september 2008 startade Röntgen på SUS i Lund pilotprojektet mobil röntgen i Lunds kommun.

Förebilden till detta projekt kom från Norge, där det startades några år tidigare.

2009 utökades projektet till samtliga tio kommuner inom sjukhusets upptagningsområde.

2011 utvärderades projektet, resultatet var övervägande positivt.

Försöket permanentades och Region Skåne vill nu utöka verksamheten geografiskt till hela regionen.

Utvärderingar från Norge visar att mobil röntgen ger även samhällsekonomiska vinster. En ekonomisk utvärdering är under arbete i Skåne, så inga siffror finns klara i dagsläget här.

Man önskar även att göra mer avancerade röntgenundersökningar och höja kvaliteten på undersökningarna. Detta kräver en fungerande trådlös överföring av bilderna från den mobila röntgenutrustningen till sjukhuset.

I dagsläget är överföringstiderna för långa och uppkopplingen fungerar inte alltid tillfredsställande. Istället överför man bilderna via kabel till sjukhusets nätverk när man är tillbaka på sjukhuset.

1.2 Syfte och problemformulering

Problemet: 3G som används idag fungerar inte som önskat överallt.

Överföringstiderna är för långa för att det ska fungera för verksamheten.

Syfte:

- Se vilka möjligheter det finns för förbättringar i det befintliga systemet, samt se om det finns bättre alternativ, såsom satellit och Internet via NMT-450 nätet.
- Inventera befintligt system och se vilka delar man kan förbättra där.
- Om man ska fortsätta använda uppkoppling via mobilt Internet, vilket är det bästa ur kostnadssynpunkt, se vad man kan göra för att säkerställa bästa möjliga förutsättningar på de områden man kan kontrollera.
- själva den mobila Internet uppkopplingen sköts av teleoperatören och driftproblem hos dem är utom ens kontroll.
- Då detta handlar om sjukvård, så kommer hänsyn att behöva tas till både patientsekretess och IT-säkerhetskraven i Region Skåne.

1.3 Målsättning

Att hitta en robust och skalbar lösning, som ska kunna användas överallt i Skåne. Samtidigt ska det fungera så transparent som möjligt för användarna och följa säkerhetspolicyn inom Region Skåne. Detta ska kunna införlivas i verksamheten.

1.4 Minimikrav

För att jag skulle få en utgångspunkt så utgick jag från en tidsram på 5 minuter. Datamängden jag ska använda som referens är ca 30 MB i storlek. Minsta hastighet som behövs för att överföra själva datamängden inom tidsramen, är $(30 \text{ (MB)} \times 1024 \text{ (KB)}) / 300 \text{ (sekunder)} = 102,4 \text{ kByte/s} = 0.82 \text{ Mbps}$. Då VPN-anslutning ska användas, vilket ger overhead som tar bandbredd, satte jag *1 Mbit som minimum* för att kompensera för VPN overhead. VPN overhead är ca 25 % i testerna jag gjort med OpenVPN. 1 Mbit är det samma som 1 Mbps och 125 kByte/s. För ändamålet användes en testundersökning med fiktiv testperson. Undersökning innehåller 2 röntgenbilder i DICOM-format med patient- och undersökningsinformation. Detta motsvarar 2 lungbilder från en lungröntgen med traditionell röntgen.

1.5 Avgränsningar och begränsningar

Region Skåne har en strikt IT-policy vad gäller säkerhet, så det kommer att bli en naturlig begränsning.

Mina lösningsförslag måste uppfylla säkerhetskraven.

Godkänner inte säkerhetsavdelningen något, så får man förkasta det förslaget.

Det är inte säkert att jag får tillgång till alla apparater jag önskar för testning.

I de fallen får jag ta dem teoretiskt om de ingår i ett lösningsförslag.

Lösningen skall vara användarvänlig, så jag ska ta hänsyn till användarnas önskemål.

Användarna är röntgensjuksköterskor, som ska kunna använda detta i sitt arbete, så deras synpunkter väger tungt.

Lösningen ska vara en motiverad förbättring och inte ett extra arbetsmoment som tillkommer.

1.6 Arbetsmetod för projektet

Projektet utförs som en studentanställning med en handledare inom Region Skåne. Som handledare fungerade Sivert Karlsson, som arbetar som IT systemingenjör inom Regionen och har god kännedom om det mobila röntgenprojektet så här långt, samt Karin Eklund, röntgensjuksköterska och klinisk lärare, som startade projektet 2008.

Vidare kommer jag att ha regelbundna möten med en projektgrupp bestående av representanter både från BFC SUS Lund, Medicinsk Teknik, IT-avdelningen samt Lunds Universitet.

Deltagarna i projektgruppen har alla anknytning till projektet.

På mötena med projektgruppen ska jag rapportera om hur arbetet fortskrider samt ta med mig idéer från mötena till fortsatt arbete.

Arbetet kommer i huvudsak utföras på BFC (Bild och Funktionsdiagnostiskt Centrum) tekniksektion i Lund.

Detta har fördelen att jag kommer att ha kunnigt folk omkring mig som man kan fråga direkt när det behövs.

En del tester kommer jag att laborera med hemma samt under tiden jag pendlar mellan Kristianstad och Lund.

Skarpa mätningar ska genomföras så långt som möjligt ute på fältet genom att följa med mobila röntgenteamet ut där de har verksamhet.

Program samt utrustning kommer i första hand att bestå av befintligt materiel och av program som kan nerladdas från Internet.

Främst program med öppen källkod för att hålla kostnaderna nere, då licenskostnaden för medicinska program tenderar att vara rätt höga.

Sökning av information kommer i första hand att ske via sökmotorer, såsom Google och Yahoo.

Även Region Skånes interna organisation kommer att användas, för praktiska problem och befintliga system och regler.

2 Alternativa möjligheter med för- och nackdelar

Här följer vilka alternativ som finns att tillgå förutom 3G/4G, samt om de är bättre alternativ.

2.1 Internet via NMT

Det finns mobilt Internet att tillgå via nedlagda NMT-450 systemet.

Detta hade dock redan testats tidigare och fungerade bl.a. inte i centrala Lund, så jag har inte undersökt detta vidare.

Jag valde istället att använda 3G/4G efter samråd med min handledare för projektet.

Hastighetsmässigt ligger detta på teoretiskt maximum 2,4 Mbit/s uppströms.

Detta kan konkurrera med 3G/4G och är användbart om man vill ha mer redundans för dålig täckning.

Även här skulle antenn utomhus blivit aktuellt, vilket även rekommenderas av Net 1 för att säkerställa bra sändning och mottagning.

<http://www.net1.se/>

2.2 Satellit

Absolut fullt möjligt, men kostnadmässigt dyrare och krångligare än mobila lösningar. Hastigheterna är åtminstone på papper bra nog för att kunna användas som alternativ, t.ex. Inmarsat erbjuder QoS med 492kbps, men utrustningen och abonnemangen är så pass dyra, att det inte var aktuellt att testa dem.

Täckningen bör dock vara god, och fungera utomhus överallt.

En nackdel är att utrustningen behöver justeras på plats av användaren, då det handlar om riktad antenn.

Detta gör att detta inte kan bli lika lätthanterligt för en användare som mobilt Internet, där man kan använda rundstrålande antenn.

Med mindre transparent menas att användaren behöver rikta in antennen innan kommunikation kan påbörjas, vilket inte behövs med en rundstrålande antenn.

Satelliter som finns att tillgå i Skåne för Internetförbindelse:

Inmarsat BGAN

<http://www.inmarsat.com>

Eutelsat W1 & W6

<http://www.eutelsat.com>

Thuraya

<http://www.thuraya.com>

2.3 Radiomodem

Radiomodem kan ge god räckvidd med låga svarstider, men hastigheterna är helt enkelt så låga, att detta inte var ett alternativ för WLAN på korta avstånd.

Radiomodem lämpar sig bättre för områden som inte kräver mycket bandbredd, såsom telemetri.

De högsta hastigheterna här som jag hittat, låg på 38400 bit/s.

<http://www.induowireless.com/produkter/radiomodem/>

2.4 Dynamisk uppkoppling

Om man kan använda sig av all tillgänglig Internet, som ADSL, bredband och Wifi hotspots som kan finnas tillgängliga att låna, så öppnar det upp för en mängd lokala lösningar.

Detta visade sig krocka mot Region Skånes IT-säkerhetspolicy, så idén lades ner.

Om man framöver kan hitta en godtagbar lösning för M2M (machine to machine) kommunikation, så kan det göra att alternativet blir aktuellt igen.

3 Områden som ska undersökas djupare

Efter inventeringen av vilka alternativ som finns att tillgå av befintlig infrastruktur, valde jag att arbeta vidare med det befintliga systemet.

Här ska undersökas vad som gör att nuvarande systemet inte fungerar tillfredställande och se vilka delar som kan förbättras.

3.1 Befintlig teknik, d.v.s. 2G/3G/4G

Detta används i dagsläget, men fungerar ej tillfredställande.

Områden som ska undersökas efter förbättringar är:

3.1.1 Lastbalansering med flera simkort

Om man kan använda simkort från leverantörer som använder sig av separata mobilnät, bör det ge bättre redundans vad gäller täckning och problem hos leverantören.

Kan man dessutom använda dem samtidigt, så kan det vara möjligt att öka hastigheten genom lastbalansering.

3.1.2 Fail over med flera simkort

Driftstörningar hos teleoperatören kommer man inte runt.

Samma idé som med lastbalansering, man ökar redundansen för mobil täckning.

Om ett nät fungerar dåligt, går man automatiskt över till det andra.

3.1.3 Förbättra mottagningen med antenn

Enligt vad jag lärt mig sedan tidigare om trådlösa nätverk, så ger dålig mottagning fler fel i datatrafiken, sämre svarstider och lägre hastighet.

En antenn kan minska dessa problem.

Här ska jag även undersöka hur antennen ska placeras rent praktiskt och vilken sorts antenn som behövs.

3.1.4 Dicom protokollet

Det jag visste om detta protokoll sedan tidigare, var att det hade rykte om sig att vara ett protokoll som använder och behöver mycket bandbredd.

Jag ska undersöka hur det fungerar och betar sig i nätverk, om man kan använda något annat protokoll istället för överföring, såsom FTP.

FTP ska även användas för att jämföra med.

3.1.5 Komprimering

Både komprimering samt användandet av annat protokoll kräver att man ska kunna omvandla tillbaka till DICOM efter överföringen.

Om man kan göra detta, så kan man minska datamängden, vilket ger kortare överföringstider.

3.1.6 Mellanlagring

Om man kan mellanlagra bilderna efter bildtagningen på ett praktiskt sätt utanför röntgenapparaten, gör detta att man kan packa ihop, koppla ur strömmen och överföra bilderna från annan hårdvara, under tiden som man förflyttar sig till en annan plats.

Jag ska titta på vilken utrustning som finns och som kan användas för detta.

3.1.7 Befintlig utrustning

Inventera befintlig utrustning, se om det finns förbättringsmöjligheter, eller om någon hård- eller mjukvara behöver bytas ut mot något bättre.

4 Laborationer och undersökningar

Här redovisas tester och undersökningar som jag gjort.

4.1 Befintligt telefonabonnemang

Efter gjorda tester och mätningar med det befintliga abonnemanget med sämre resultat än väntat med både routern Sarian 4420 och med externt USB-modem.

Kunde jag konstatera efter kontroll mot annat APN och kontakt med Telenor, att abonnemanget kunde uppgraderas till ett bättre 3G-abonnemang.

Detta ska kunna ge bättre hastighet uppströms.

För tillfället hade abonnemanget endast 384 Kbit uppströms enligt Telenor.

Däremot var inte 4G möjligt, då Telenor i dagsläget inte kunde erbjuda tjänsten statisk IP till 4G.

Statisk IP är något som är ett krav från Regionen av säkerhetsskäl.

Sammanfattningsvis:

Det nuvarande abonnemanget är en flaskhals, det behöver uppgraderas till ett bättre.

4.2 Befintlig 3G router

Den befintliga routern är en Sarian 4420, en robust router som är byggd för att klara väder- och temperaturväxlingar, vilket behövs för att den ska tåla transport framför allt under vintertid.

Då jag ej hade möjlighet att konfigurera med den, så gjorde jag s.k. *black box tester* istället.

Black box test är i korthet att man kontrollerar att det som går in, kommer ut som det ska.

Routern testades tillsammans med antennen, både i labbmiljö samt ute på fältet i mobil röntgens nuvarande verksamhetsområde.

I samband med test utav det befintliga telefonabonnemanget, efter kontakten med Telenor, så fann jag att routern inte är uppgraderad till HSUPA.

Detta begränsar maxhastigheten uppströms till 384 Kbit, vilket inte är tillräckligt.

Det är möjligt att uppgradera routern till HSUPA genom en hårdvaru-uppgradering, vilket skulle ge en topphastighet på 2Mbit uppströms.

Routern har plats för dubbla simkort med fail over funktion, vilket skulle öka redundansen, framför allt om det även går att ställa in och konfigurera sim-korten med lägen såsom anslut endast till 3G.

Sammanfattningsvis:

Den nuvarande routern visade sig vara en flaskhals.

Den behöver uppgraderas eller bytas ut.

4.3 Antenn

Tanken här är enkel.

Med antenn hoppas jag kunna förbättra sändning och mottagning, så att man framför allt skall kunna förbättra svarstider samt öka signalstyrka och möjligen även hastigheten.

Den befintliga Sarian routern har en 3G antenn, som är monterad på Dragon.

Denna var inte aktuell att försöka använda, då målet var att få en antenn som även skulle kunna klara 4G-LTE i framtiden.

Bästa placeringen för en antenn är utomhus, då man undviker dämpningen från hinder som kan finnas inomhus.

Den mest praktiska placeringen är monterad på biltaket.

Detta kräver även en rundstrålande antenn för att inte behöva riktas, i syfte att vara transparent för användaren.

Valet föll på en antenn som kom ut på marknaden i februari.

Panorama Fordonsantenn MiMO/diversity för 4G/3G/2G

Antennspecifikationerna var som följer:

En antenn som är specialbyggd för 42 Mbit 3G och 4G (LTE).

Innehåller dubbla antenner för både sändning och mottagning.

Bra för MiMo-teknik (4G och WiMax sänder och tar emot på flera antenner samtidigt) samt diversity (3G med en antenn för sändning och två för mottagning).

Och det avgörande; den klarar av Ultra Wideband 698 till 2700 MHz, vilket gör att den kan utnyttjas till exempelvis för WLAN på 2.4 GHz och 700 MHz. Det man får tänka på med detta slags antenn, är att den vertikala strålningen begränsas. För denna antenn är den ca 45 grader.

Antennen testades med Sarian 4420, med goda resultat. Routern indikerade direkt bättre kontakt med mobilnätet när man kopplade på antennen, detta var på ställen där man utan antenn hade dålig kontakt. Mätningar mot bredbandskollen.se bekräftade teorin. Framför allt svarstiderna förbättrades, men man kunde även generellt se hastighetsförbättringar.

Det mest konkreta exemplet var på två direkt efterföljande mätningar:

TA EMOT FILER: **0.13 Mbit/s** | SKICKA FILER: **0.02 Mbit/s**
MÄTNINGEN ÄR KLAR
SVARSTID: 329 ms | LEVERANTÖR: Telenor Sverige AB | MÄTSERVER: Malmö

Ovan: Utan antenn: svarstid 329 millisekunder, mätt på SUS Lund 120412 08:37.

TA EMOT FILER: **0.99 Mbit/s** | SKICKA FILER: **0.11 Mbit/s**
MÄTNINGEN ÄR KLAR
SVARSTID: 147 ms | LEVERANTÖR: Telenor Sverige AB | MÄTSERVER: Malmö

Ovan: Med antenn: svarstid 147 millisekunder, mätt på SUS Lund 120412 08:41.

Själva hastigheterna ovan är dåliga, även om man kan se att det blev tydliga förbättringar med antenn.

Just denna dag hade Telenor driftproblem i sitt datanät i Lundatrakten.

Detta förklarar de dåliga hastigheterna nedströms, jag fick liknande resultat med det andra Telenor-abonnemanget som normalt ligger på mellan 2 till 4 Mbit nerströms. Här användes abonnemanget med statisk IP som har 384 Kbit uppströms, samma som routern klarar av som bäst.

Sammanfattningsvis:

Antenn med placering utomhus gav direkta förbättringar.

Detta var mest tydligt vid dåliga förhållanden, främst vad gäller svarstider där man kunde se en tydlig tendens på att de blev bättre, även hastigheten till viss del, men inte lika tydligt där beroende på att Sarian routern och abonnemanget till den var begränsade till 384 Kbit uppströms.

4.4 Hastighetsmätningar av mobilt Internet

Under hela projektets gång har jag gjort tester på hur 3G hastigheten är på olika platser i Skåne och under olika tidpunkter.

Främst har jag mätt med tester emot webbplatserna bredbandskollen.se och speedtest.net, men även med programmet Iperf.

Testabonnemangen har varit på 6/2 Mbit.

Ett från Telia, samt ett från Telenor.

Abonnemangen fungerade lika bra generellt sett, bortsett från driftstörningar hos Telenor under en vecka.

Här redovisas mätresultaten från den 28:e februari, som på ett bra sätt illustrerar alla mätningar jag gjort under projektets gång.

Hastigheterna man får när man mäter, varierar ibland rätt kraftigt från ena minuten till den andra, men Telenor och Telia kompletterar varandra.

Denna dag hade den ena hade låga hastigheter i Arlöv, den andra låga hastigheter i Kävlinge.

28.2.2012 tid	latency	downspeed	upspeed	server	ISP	mätplats
15:00	82	2473000	1267000	Stockholm	TeliaSonera	Kävlinge
14:57	62	3500000	538000	Malmö	Telenor	Kävlinge
13:45	87	2558000	630000	Göteborg	TeliaSonera	Arlöv
13:43	62	3572000	1183000	Malmö	Telenor	Arlöv
13:41	47	3542000	1504000	Malmö	Telenor	Arlöv
13:34	98	2230000	1082000	Stockholm	TeliaSonera	Arlöv
13:13	74	3560000	1036000	Malmö	TeliaSonera	Arlöv
13:06	73	2086000	1077000	Göteborg	Telenor	Arlöv
13:04	86	1735000	276000	Göteborg	TeliaSonera	Arlöv
10:30	47	3572000	1241000	Malmö	Telenor	Lund
10:28	44	3541000	711000	Malmö	Telenor	Lund
10:25	61	3538000	490000	Malmö	Telenor	Lund
08:00	55	3544000	922000	Malmö	Telenor	Lund
07:56	85	3030000	1126000	Stockholm	TeliaSonera	Lund

I tabellen ovan; mätresultat och jämförelse mellan Telia och Telenor på olika platser den 28 februari 2012.

Alla mätningarna är utförda inomhus.

I Lund inne på Universitetssjukhuset på BFC:s tekniksektion.

I Arlöv i ett 8-våningshus med lägenheter på våning 4, byggnadsmaterial tegelfasad och betong.

I Kävlinge i ett enplans äldreboende i betong med tegelfasad.

Utrustning som användes för mätningar:

Telia 6/2 Mbit i Huawei E173 usb-modem.

Telenor 6/2 Mbit i Huawei E1750 usb-modem.

Dator: Asus Eee 1000HE.

Operativsystem och webbläsare på Asus Eee:

Ubuntu 10.04 LTS med Firefox och Adobe Flash.

Windows XP PRO SP3 med Firefox och Adobe Flash.

Jag har under tiden för projektet pendlat med buss mellan Kristianstad och Lund. Bussen färdas längst med E22 och jag har gjort en hel del hastighetsmätningar under färd.

Resultaten varierar likt i tabellen 28 februari, samt från dag och tidpunkt.

Några tendenser man kunde skönja var att hastigheterna varierar mycket.

Oftast något bättre på morgonen innan klockan 08, det gick dock inte att skönja något tydligt mönster på detta.

Telia var något bättre på att behålla uppkopplingen över hela sträckan då övergång mellan GPRS/EDGE fungerade bättre än hos Telenor, men de gånger Telenor fungerade hela vägen, så hade man ofta 3G-uppkoppling hela vägen.

Vissa dagar var det svårt att få en uppkoppling med båda abonnemangen.

Men när man väl hade fått en så kunde man oftast behålla den resten av resan.

Inverkande faktorer för hur svårt det är att få en bra uppkoppling när man färdas i en buss, kan vara beroende av vädret.

Dimma, blåst, åska eller regn, kan dämpa trådlös trafik under vissa förhållanden.

Under veckan som Telenor hade problem med datatrafiken i Lundatrakten, kunde man se en tydlig brytpunkt i Hörby.

På sträckan mellan Kristianstad och Hörby var det bra hastigheter, med mätvärden på över 1 Mbit uppströms, på sträckan Hörby till Lund sjönk de markant.

Jag har även haft möjlighet att testa 4G i Lund.

Mätning mot bredbandskollen.se gav över 7 Mbit uppströms med bra svarstider.

4G nätet är under utbyggnad, men finns i dagsläget inte i hela Skåne.

Sammanfattningsvis:

Mobilt Internet fluktuerar mycket beroende på tid och plats när det gäller uppkopplingskvalité.

Om man lägger ribban på att man vill få ut 50% av vad ett abonnemang utlovar i hastighet, så blir resultatet av testerna bra.

Utfallet med ribban på 50% med två abonnemang på 2Mbit, gav så pass bra resultat att man kan säga att det fungerar till 95%.

90% var bra nog för att man kan bygga det fortsatta arbetet på 3G.

Med endast ett abonnemang känns det för osäkert, så två abonnemang är ett måste.

4.5 Flera simkort

Tanken här är att flera simkort borde öka chansen för att få en bättre uppkoppling, samt öka redundansen mot driftstörningar hos teleoperatören, framför allt om man har två abonnemang som går över separata nät.

Kan man sedan lastbalansera dessa kort, genom antingen traditionell lastbalansering, eller VPN-bonding så kan överföringstiden förkortas ytterligare.

Jag har laborerat med Zeroshell kring detta, för att se om det är möjligt att göra med mobilt Internet och för att se hur det fungerar rent praktiskt.

Teleabonnemangen jag använt är Telia och Telenor, båda med 6/2 Mbit hastighet, främst med USB-modemen Huawei E173 för Telia och Huawei E1750 för Telenor, enstaka gånger med fristående 3G-modem.

Zeroshell är en Linux-distribution, som är gjord för att vara en distribution med inriktningen *router med avancerade funktioner*, funktioner som man vanligen hittar i dyra industrilösningar hos t.ex. Cisco.

Jag valde Zeroshell efter att ha först ha jämfört den mot två andra gratisalternativ, *m0n0wall* och *Pfsense*, av vilka jag även testade Pfsense.

Valet föll till slut på Zeroshell, främst för att det var Linux, där de andra är FreeBSD, då jag kan själv Linux bättre så var det ett mer naturligt val, samt att Zeroshell såg ut att vara mer inriktad på routerfunktioner där de andra var inriktade mot brandväggsfunktioner.

En mycket intressant möjlighet med Zeroshell som jag själv var tveksam till om det ens var görbart innan testerna, var VPN-bonding.

VPN-bonding visade sig fungera.

Dock svårt att få det att fungera stabilt med mobilt bredband om man ska förflytta sig. Detta beroende på Round Robin algoritmen som anpassar sig efter lägsta hastigheten.

Själva VPN som Zeroshell använder, är OpenVPN.

Enligt vad jag hittade på Internet, så ger OpenVPN 20-25% overhead i sig.

4.5.1 lastbalansering

Testade först hur lastbalansering med fail over fungerar via 3G.

Här nedan ICMP failover checking.

Detta är funktionen i Zeroshell för att den ska kontrollera att anslutningarna har kontakt. För detta behöver man minst en extern IP att kontrollera mot, jag valde två IP som båda tillhör Google.

```
""""
14:00:17  =====
=====
14:00:17  +++ Testing across the gateway telenor (Interface: ppp1) +++
14:00:17  [209.85.173.105] : Success (Round Trip Time: 64.4 ms)
14:00:17  [74.125.224.72] : Success (Round Trip Time: 212 ms)
14:00:17  +++ Testing across the gateway telia (Gateway: 192.168.2.1)+++
14:00:17  [209.85.173.105] : Success (Round Trip Time: 396 ms)
14:00:18  [74.125.224.72] : Success (Round Trip Time: 623 ms)
14:00:18  =====
=====
"""
```

ppp1 är Telenor 3G USB Huawei E1750 kopplad direkt i datorn, 192.168.2.1 är 3G router med Telia 3G USB Huawei E173.

Fail over fungerar bra, kopplar man ur den ena anslutningen, så dör inte ping.

Även lastbalanseringen fungerar bra, kontrollerade mot <http://www.ipnr.nu/>.

Uppdaterade man sidan några gånger i webbläsaren, så ändrades ip och leverantör, vilket visade att tcp-trafiken gick över båda vägarna.

Detta var lovande för det fortsatta arbetet.

4.5.2 VPN-bonding

Vad det är och teorin bakom:

Man slår samman två eller flera VPN-anslutningar, så att de blir till en stor pipe.

Exempelvis att man via två eller flera ”slöa” anslutningar, kopplar upp sig mot ett ställe med snabb anslutning och stället med slö uppkoppling ska då kunna aggregera med hjälp av det andra ställets snabba anslutning.

(<http://sv.wikipedia.org/wiki/Aggregation>)

Detta möjliggörs genom att man kan dela upp en TCP-session över flera Internetanslutningar, där själva delningen sker i OSI-lager 2, Datalänk, i Ethernet ramarna.

Härigenom kommer man runt problemet med att TCP-sessionerna inte är designade för att delas upp.

De är designade för att det ska finnas ett ip-nummer i varje ända av sessionen, som är konstant.

Om ett av IP-numren byts ut i en normal TCP-session, dör sessionen och man får börja om med en ny session.

Här gör man detta transparent för nät och transportlagret, med hjälp av virtuella *TUN/TAP-interface* och *OpenVPN* då detta sker i lagret under dem.

Exempel på konfiguration med 4 VPN-tunnlar

VPN1 = site A (udp 1194) <---> site B (udp 1194)

VPN2 = site A (udp 1195) <---> site B (udp 1195)

VPN3 = site A (udp 1196) <---> site B (udp 1196)

VPN4 = site A (udp 1197) <---> site B (udp 1197)

Man kan även sätta upp tunneln som TCP, men det ger mer overhead, ca. 25% mer när jag testade och jämförde mot UDP.

Jag har satt upp samt testat uppställningen på nästa sida, det fungerar.

Vad som är bekräftat när jag testat är att *det är redundant*.

En VPN-tunnel kan gå ner utan att anslutningen bryts, ping fortlöper utan avbrott, trafiken går över båda tunnlarna.

Vad jag däremot inte kunde påvisa riktigt bra genom tester, är ifall det uppstår någon hastighetsökning, då min uppkoppling hemma inte var snabbt nog för det. Uppkopplingen hemma var 8/1 Mbit ADSL och hade inte tillgång till något bättre att laborera mot vid laborationstillfället.

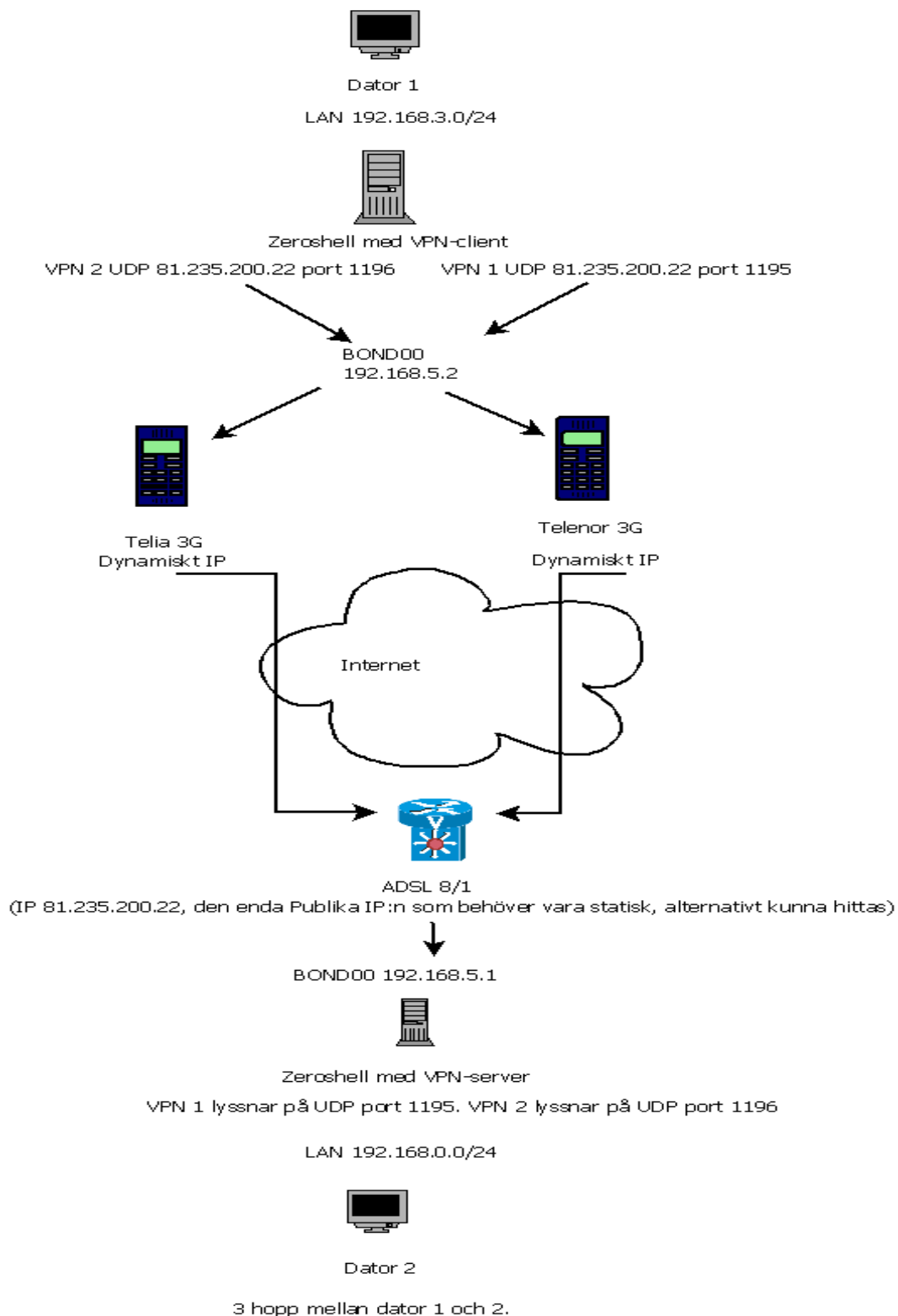
Att QoS med inställningen 0.5 Mbit fungerade bra, indikerar att det ska fungera även i högre hastigheter, framför allt vid trådbundna anslutningar, som fluktuerar mindre. 0.5 Mbit + 0.5 Mbit fungerade, men högre hastigheter var instabilare. 3G tenderar att fluktuera ner till 0.5 Mbit, mera sällan under det, vilket fortplantade fluktueringen till VPN-bondet, där effekten blir att en nergång blir dubbelt så stor p.g.a. Round Robin algorimen.

I ADSL-modemet är UDP-portarna 1195 och 1196 öppna.

BOND00-interfacen på båda Zeroshell datorerna är på eget subnät 192.168.5.0/24. De fungerar som virtuella nätverkskort, man kan brygga dem, lägga till IP, precis som med vanliga nätverkskort.

Mellan dem kan man köra t.ex.802.11q eller jumboramar. Jumboramar skall vara möjligt, då trafiken går i en tunnel så att den passera genom hosts som inte klarar av jumboramar. Jag testade inte med jumboramar då det inte var aktuellt.

VPN-bonding
2 VPN sammanslagna till en pipe



```
root@minitux:/var/www/private# traceroute 192.168.0.61
traceroute to 192.168.0.61 (192.168.0.61), 30 hops max, 60 byte packets
 1 192.168.3.75 (192.168.3.75) 0.216 ms 0.235 ms 0.175 ms
 2 192.168.5.1 (192.168.5.1) 295.417 ms 75.303 ms 569.266 ms
 3 192.168.0.61 (192.168.0.61) 185.182 ms * *
```

Och här trafikflödet med Round Robin algoritmen på under en Iperf-mätning.

```
BOND00 Link UP -- VPN00:Up VPN01:Up
dual 3g

VLAN: none
7: VPN00: <BROADCAST,MULTICAST,SLAVE,UP,10000> mtu 1500 qdisc pfifo_fast master BOND00 qlen 100
  link/ether 00:ff:f6:bd:87:3b brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
  RX: bytes  packets  errors  dropped overrun mcast
  639691    1225    0      0      0      0
  TX: bytes  packets  errors  dropped carrier collsns
  844682    1359    0      0      0      0
  Throughput:  RX 2.11 Kbit/s    TX 62.89 Kbit/s

VLAN: none
8: VPN01: <BROADCAST,MULTICAST,SLAVE,UP,10000> mtu 1500 qdisc pfifo_fast master BOND00 qlen 100
  link/ether 00:ff:f6:bd:87:3b brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
  RX: bytes  packets  errors  dropped overrun mcast
  613581    1074    0      0      0      0
  TX: bytes  packets  errors  dropped carrier collsns
  696528    1235    0      0      0      0
  Throughput:  RX 1.77 Kbit/s    TX 62.89 Kbit/s

VLAN: none
10: BOND00: <BROADCAST,MULTICAST,MASTER,UP,10000> mtu 1500 qdisc htb
  inet 192.168.5.2/24 brd 192.168.5.255
  RX: bytes  packets  errors  dropped overrun mcast
  1253272   2299    0      0      0      0
  TX: bytes  packets  errors  dropped carrier collsns
  1541210   2594    0      0      0      0
  Throughput:  RX 3.71 Kbit/s    TX 121.45 Kbit/s
```

Ovan:

Båda VPN-tunnlarna är inställda på QoS på 0.5 Mbit.

TX på 62.89 Kbit/s är vad man kan få ut med denna inställning.

Då mobilt Internet tenderar att fluktuera i uppkopplingshastighet så fick jag bäst resultat med QoS inställd på 0.5 Mbit.

Även om båda abonnemangen hade 2 Mbit uppströms som max hastighet, så kom jag aldrig upp på det.

Toppnoteringen under alla mätningar jag gjort är 1.87 Mbit.

De vanligaste resultaten låg i intervallet 0.8 Mbit till 1.2 Mbit.

Detta gällde för både Telenor och Telia, utan någon tydlig skillnad mellan dem.

Round Robin fungerade bäst när uppkopplingarna var lika.

Då den lägsta hastigheten bestämmer så spelar övriga hastigheter ingen roll.
Är den lägsta hastigheten 1Mbit, så blir två uppkopplingar i BOND00 ovan 2 Mbit, även om den andra uppkopplingen är 10 Mbit.
Det detta kan användas till är att sätta en stabil lägstanivå på t.ex. 1Mbit.
Detta fungerar under förutsättning att teleoperatörernas nät ej har driftstörningar.

Det blir en viss overhead, 2 VPN blir inte exakt 2, utan man tappar några procent med varje ytterligare VPN man lägger till.
Jag har ej provat med mer än två stycken VPN-tunnlar, men på Zeroshell forum har folk rapporterat lyckad bonding med upp till 8 stycken VPN-tunnlar.
Efter det börjar overheaden förta effekten.

Jämfört med vanlig lastbalansering så gav bondningen ett mycket stabilt flöde i nätverket, vad gäller att bibehålla en jämn hastighet även med mobilt bredband.

Bäst effekt fick man med trådbunda uppkopplingar, som har stabilare hastigheter än trådlösa motsvarigheter.

Jag gjorde ett litet test med en 10 mbit och en 100 mbit anslutning, mellan två Zeroshell kopplade via två olika switchar.
Man fick ett bra flöde på nästan 20 Mbit, kopplade man bort 10 Mbit anslutningen så fick man ut vad en enkel 100 Mbit kunde erbjuda.
I en uppställning som denna, är det bättre att ha 10 Mbit uppkopplingen som fail over anslutning istället.

Även om Zeroshell inte blev aktuell att använda i det fortsatta arbetet, gav laborationerna bra erfarenheter och bekräftade saker för det fortsatta arbetet:

- *Att en fail over funktion med flera simkort kan vara till stor nytta.
Speciellt om simkortet kan ställas in för saker såsom att låsas till 3G enbart.*
- *Att vanlig lastbalansering kan komma till nytta även om den inte ökar hastigheten för enskilda sessioner.
Man kan dra nytta av det genom att istället för en session, starta två sessioner, genom att exempelvis sända en bild åt gången istället för hela undersökningen.*
- *Att VPN-bonding fungerade, om man kan implementera detta, så finns det möjlighet till QoS vad gäller hastigheten.*

4.6 Komprimering

Mindre datamängd går snabbare att överföra, men manuell komprimering är inget alternativ som är aktuellt här, då det både kräver större insats av användare.

Vidare riskerar tidsåtgången för manuell hantering äta upp en eventuell tidsvinst man får genom komprimering.

Det som är aktuellt att titta på, är någon form av realtidskomprimering som utförs på maskinnivå.

Ett grundkrav är att det ska vara ickedestruktiv komprimering.

Det som var intressantast här var LZ komprimering (Lempel-Ziv), vilket används i bland annat zip-komprimering.

SLZ är ett verktyg man kan använda i mjukvara, som är öppen källkod, men här var det inte aktuellt med egen scripting eller programmering.

LZ på maskinnivå finns inbyggd i bl.a. *Cisco WAAS* tekniken, vilket enligt tester som Cisco själva presenterar, kan ge prestandaökningar på 20-30%.

En annan intressant variant på WAN-acceleration fann jag hos företaget *Silver Peak Systems Inc.* båda lösningarna kräver att man har kontroll i båda ändar.

Då lösningarna är proprietära, innebär det att man blir bunden till företaget vad gäller hårdvarubiten.

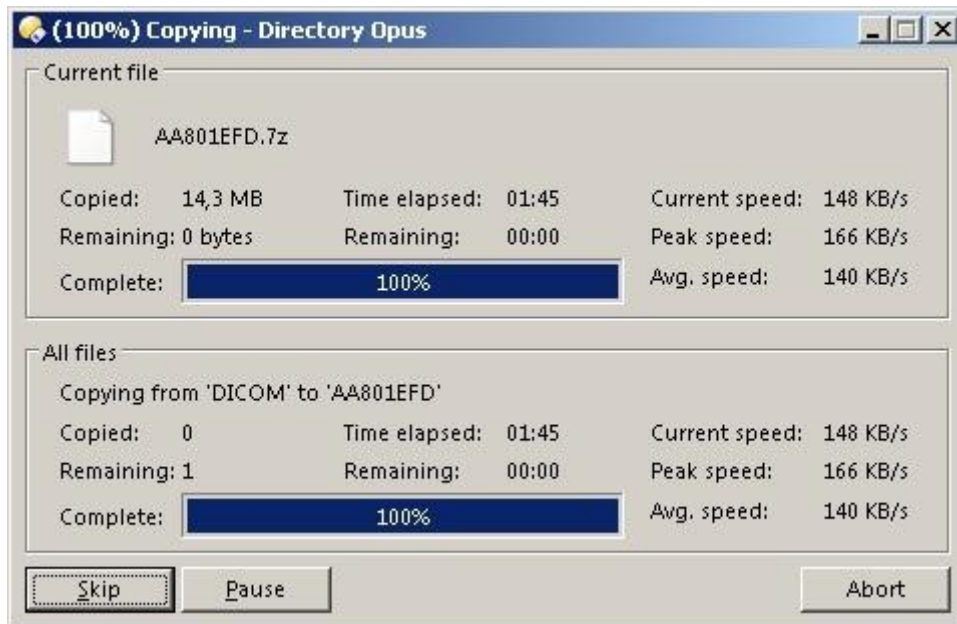
Jag gjorde en jämförelse över FTP, för att se hur mycket tid man kan spara om man kan komprimera i samband med DICOM vs FTP jämförelsen.

FTP över 3G anslutning, av referensundersökningen med 2 bilder.

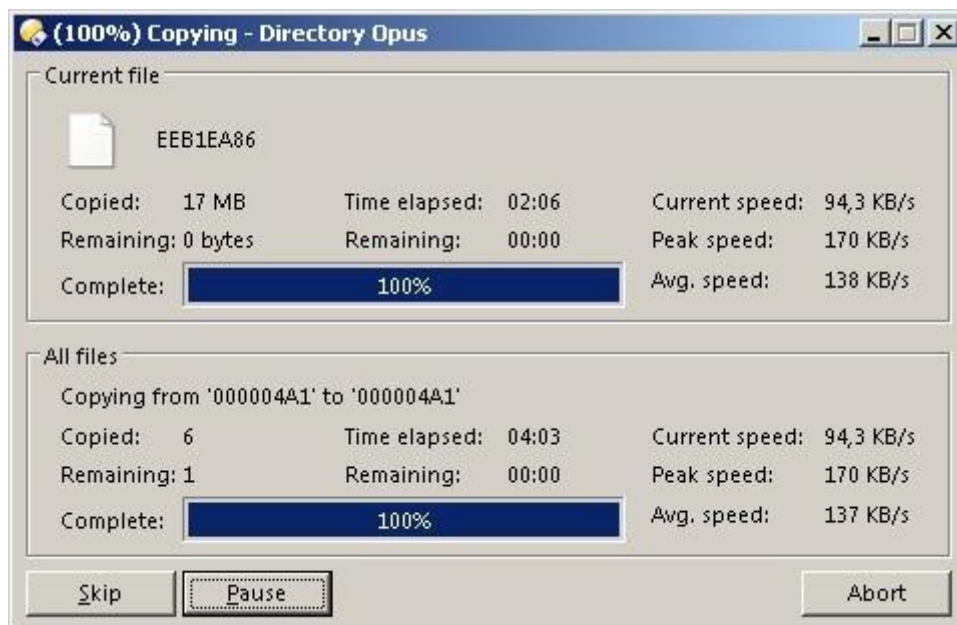


Name	Size	Type	Modified	Attr
AA801EFD	29,4 MB	File Folder	2012-02-10 00:10	----
AA801EFD.7z	14,3 MB	7Z File	2012-02-13 16:17	-a---

Ovan: Storlek opackad 29.4 MB i 2 filer, 4 foldrar, packad med 7zip 50% ratio 14.3 MB i en fil.



Ovan: Tid för sändning med FTP av packad fil 1:45.



Ovan: Tid för sändning med FTP opackat: 04:03

Här kunde man mer än halvera tiden, tidsbesparingen blev 02:18 minuter. Detta är bra, men för lite för att man ska kunna motivera manuell hantering i båda ändar.

Sammanfattningsvis:

Komprimering kan ge tidsvinster om det kan skötas automatiskt.

4.7 DICOM

DICOM är en medicinsk standard för medicinska bilder i digitalformat.

Dicom har sitt ursprung i ACR/NEMA 300, som kom 1985, 1992 bytte standarden namn till DICOM.

Idag är DICOM uppe i version nummer 3, vilket är det som används i dagsläget i verksamheten.

Det jag visste om DICOM i nätverkssammanhang innan detta projekt, var att protokollet hade rykte om sig att vara ”*bandwidth-hogging*”, vilket är ett uttryck på engelska för att något eller någon använder mer bandbredd än andra.

I detta fall att DICOM använder mer bandbredd än till exempel FTP för att förflytta samma datamängd.

Boris Magnusson, professor i datavetenskap och som ingår i projektgruppen, gav ytterligare tips och uppslag på att kika djupare på hur DICOM uppför sig på nätverksnivå.

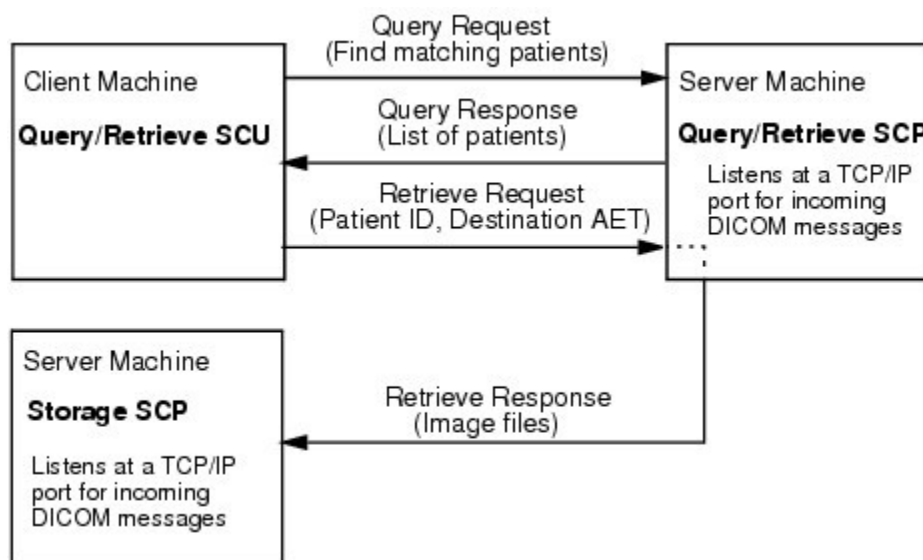
FTP-protokollet valdes som jämförande protokoll för testerna.

Ett problem som jag stötte på rätt tidigt i samband med ideer kring temporär lagring av bilder, var *DICOM och brandväggsproblemet*, den illustreras nedan.

En av de viktigaste funktionerna i protokollet är Query/Retrieve, i vilket C_MOVE är huvud *komposit funktionen*.

Detta används för att hämta bilder från bildarkivet till PACS bildvisare.

Denna fungerar som nedan:



Den första sessionen anropar och efterfrågar bilder, när det är klart, stängs sessionen och en ny session tar vid med uppgiften att skicka bilder.

FTP fungerar på ett liknade sätt och har samma problem.

DICOM och brandväggsproblemet, är ett problem som jag inte funnit någon standardlösning till, trots att DICOM är en medicinsk världsomspännande standard.

Det finns olika lösningar som används runt om i världen, då detta är ett stort problem. Alla sjukhus och vårdinrättningar stöter på problemet, och måste lösa det på något sätt.

Jag hittade ingen färdig lösning, som kunde implementeras i Region Skåne rakt av, då säkerhetspolicyn är att alla portar i brandväggen ska vara stängda utåt.

Det finns idag en lösning som används i Region Skåne, men denna lösning är en *proprietär lösning som ska avvecklas under året*. Denna lösning föll därmed bort.

FTP har en standardlösning för detta, *"passive mode"* löser problemet där, men DICOM saknar något liknande.

Det som finns som alternativ till C_MOVE, som skulle kunna användas istället, är en annan komposit funktion i DICOM, C_GET.

Detta stöds dock inte i dagsläget av nuvarande PACS-system i Region Skåne, Sectra PACS.

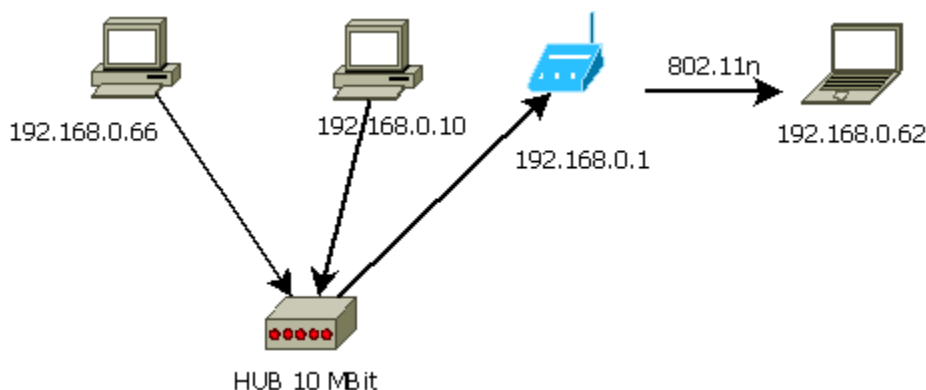
För att kunna prata DICOM, så har jag använt mig utav dcm4che, som beskrivs på dcm4che webbplats med

"Dcm4che is a collection of open source applications and utilities for health care IT".

4.7.1 DICOM vs FTP jämförelser

För att jämföra rakt av, så satte jag upp som följer för testet på 10Mbit kabel.

För 3G var skillnaden att trafiken skickas över 3G och kommer in till 192.168.0.1 som är direktkopplad till ADSL-modemet.



Setup:

Cisco-Linksys WRT610N Dual-N Band Wireless Router

IP: 192.168.0.1

D-Link DE-805TP 10Mbps Ethernet Mini Hub

PC Windows 2008 R2 för FTP

IP: 192.168.0.10

PC Ubuntu 11.x för dcmsnd
IP 192.168.0.66
Asus Eee PC med Ubuntu 10.x som mottagare.
IP 192.168.0.62

3G setup:

3G usb-modem Huawei E1750 med Telenor som teleoperatör.
Abonnemang av typen bas-abonemang 6/2 Mbit.
Dicom- respektive FTP-testet skickas via 3G-dongel, mottagande abonemang är ADSL 8/1 Mbit, med 30ms inbyggd fördröjning (ADSL-Telia trippelplay).

Vad som ska mätas:

Se hur filöverföringshastigheten är när man skickar samma filer över DICOM, över SSH med FTP samt som packad fil.
För att få ner nätverkshastigheten, stoppas en 10MBit hub in som flaskhals i nätverket.

Hur det mättes:

För att skicka DICOM användes dcm4che-2.0.24 DICOM toolkit.
För att skicka FTP över SSH användes programmet Directory Opus 9.x.
Mottagande dator med Ubuntu hade dcm4chee-2.x DICOM Clinical Data Manager system installerat som DICOM arkiv och bildhanterare, samt SSH-server installerad och konfigurerad.

Redovisar här nedan DICOM sändningen med dcmsnd över TP-kabel 10 Mbit, följt av motsvarande för FTP.

```
root@Ubuntu-tux:~# dcm4che-2.0.24/bin/dcmsnd DCM4CHEE@192.168.0.62:11112
~/pacs/DICOM
Scanning files to send
..
Scanned 2 files in 0.212s (=106ms/file)
15:48:20,291 INFO - Association(1) initiated
Socket[addr=/192.168.0.62,port=11112,localport=50197]
15:48:20,294 INFO - DCM4CHEE(1): A-ASSOCIATE-RQ DCM4CHEE << DCMSND
15:48:20,330 INFO - DCM4CHEE(1): A-ASSOCIATE-AC DCMSND >> DCM4CHEE
Connected to DCM4CHEE@192.168.0.62:11112 in 0.301s
15:48:20,391 INFO - DCM4CHEE(1) << 1:C-STORE-RQ[pcid=3, prior=0
cuid=1.2.840.10008.5.1.4.1.1/Computed Radiography Image Storage
iuid=1.3.12.2.1107.5.4.4.1106.30000012020606361470300001836
ts=1.2.840.10008.1.2.1/Explicit VR Little Endian]
15:48:36,091 INFO - DCM4CHEE(1) >> 1:C-STORE-RSP[pcid=3, status=0H
cuid=1.2.840.10008.5.1.4.1.1/Computed Radiography Image Storage
iuid=1.3.12.2.1107.5.4.4.1106.30000012020606361470300001836]
.15:48:36,091 INFO - DCM4CHEE(1) << 2:C-STORE-RQ[pcid=3, prior=0
cuid=1.2.840.10008.5.1.4.1.1/Computed Radiography Image Storage
iuid=1.3.12.2.1107.5.4.4.1106.30000012020606361470300001834
ts=1.2.840.10008.1.2.1/Explicit VR Little Endian]
15:48:54,047 INFO - DCM4CHEE(1) >> 2:C-STORE-RSP[pcid=3, status=0H
cuid=1.2.840.10008.5.1.4.1.1/Computed Radiography Image Storage
iuid=1.3.12.2.1107.5.4.4.1106.30000012020606361470300001834]
.
```

*Sent 2 objects (=29.455286MB) in 33.717s (=894.5699KB/s)
15:48:54,049 INFO - DCM4CHEE(1) << A-RELEASE-RQ
15:48:54,052 INFO - DCM4CHEE(1) >> A-RELEASE-RP
15:48:54,053 INFO - DCM4CHEE(1): close
Socket[addr=/192.168.0.62,port=11112,localport=50197]
Released connection to DCM4CHEE@192.168.0.62:11112
Dicom*



Ovan: FTP sändning över 10Mbit kabel.

Hastigheterna i DICOM-testet:

10 Mbit kabel: Sent 2 objects (=29.455286MB) in 33.717s (=894.5699KB/s)
3G Telenor: Sent 2 objects (=29.455286MB) in 182.213s (=165.53271KB/s)

Hastigheterna i FTP-testet:

10 Mbit kabel: 45 sekunder.
3G Telenor: 243 sekunder.

Gjorde senare motsvarande test via befintlig 3G-router, med vilken jag fick ut 0.11Mbit.

DICOM med Efilm till dcm4che via Sarian 4420 (3G 384 Kbit uppströms).

36 minuter, varav 21 minuter för den större bilden.
Tidsmässigt lika jämfört med FTP.

Jämförelse på röntgenavdelningen från labb-modalitet till PACS, lungundersökning med två bilder.

Inne på SUS, 1Gbit kabel.

1-2 sekunder enligt loggarna.

DICOM var något snabbare, detta kan förklaras med att FTP skickade hela foldern, som förutom 2 bilder innehöll sammanlagt 4 foldrar.

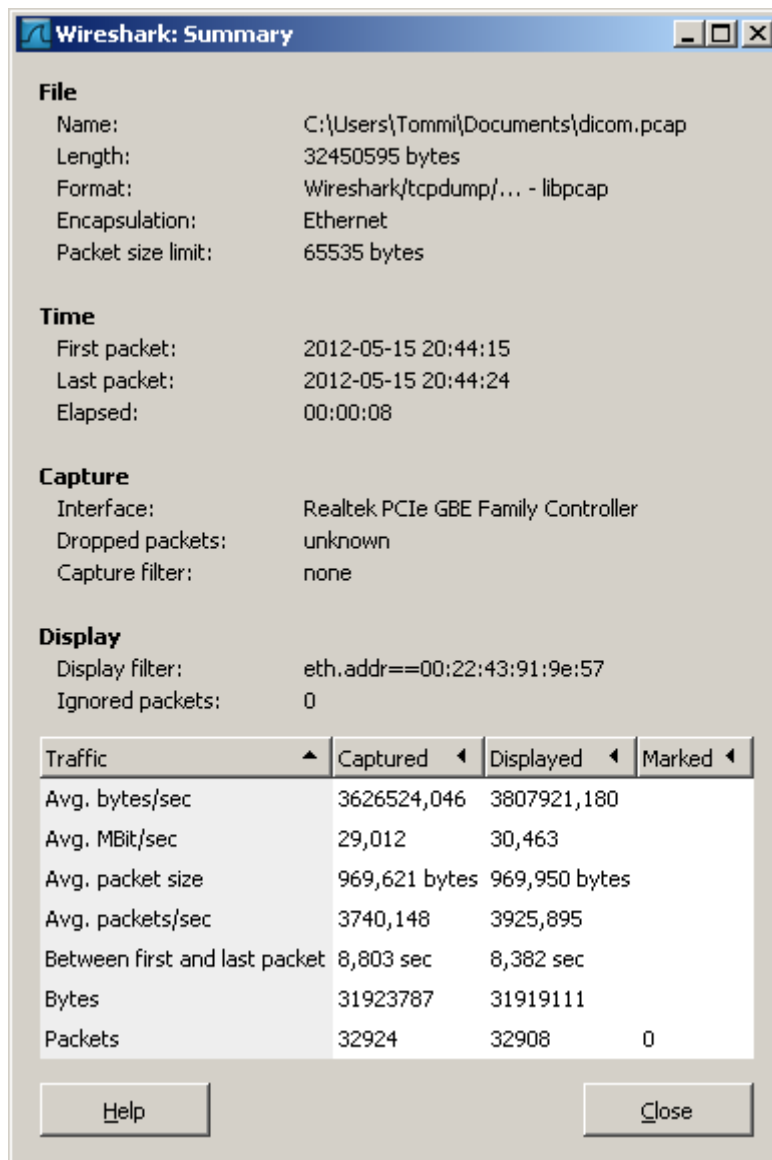
DICOM sändningen skickade endast bilderna, så FTP sändningen innehöll 4 småfiler mer. I 3G testet varierade hastigheterna en hel del, det pendlade mellan 60 KB/s till 240 KB/s

4.7.2 DICOM i Wireshark

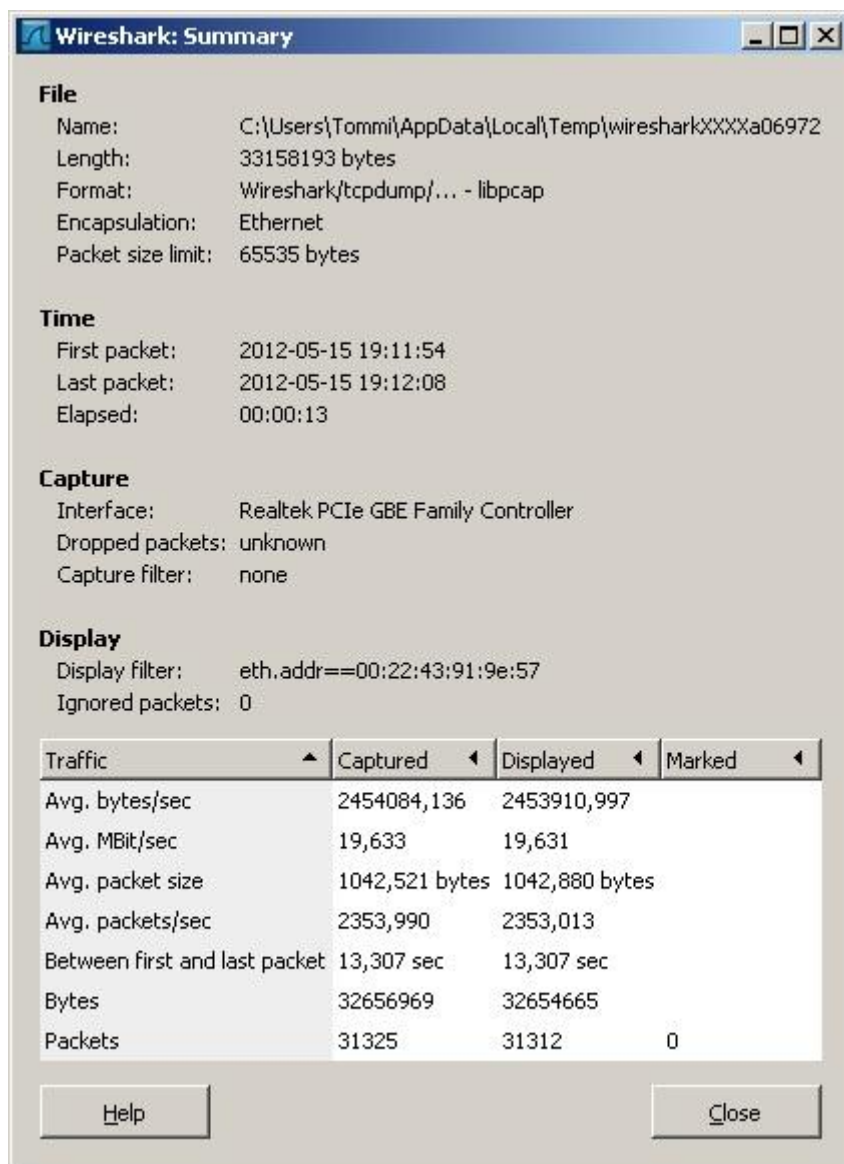
Då tidstesterna inte visade på någon större skillnad, så gjorde jag senare en ny testomgång, efter tipset från Boris Magnusson, denna gång med Wireshark analys av Ethernet-ramarna. Den totala datamängden jag fångade med Wireshark här blev ca 250 Mb.

Här skickade jag från Windows med dcm4chee-toolkits dcmsend och Dopus 9 FTP, över till Ubuntu med dcm4chee respektive ftp-server installerad, över 100 Mbit kabel. Wireshark kördes på Windows, summeringen av sessionen redovisas med mac-address som display filter.

Mac-adressen tillhör nätverkskortet i maskinen med Ubuntu.



Ovan: DICOM sändning med *dcm4chee*-kommandot fångad och sammanfattad i Wireshark.



Ovan: FTP sändning fångad och sammanfattad i Wireshark.

Det blev fördel för FTP här.

Det intressanta är att det är något färre paket som skickas än vad dcm4chee-kommandot behöver, tendensen var den samma när man skickade från Efilm.

Det jag lade märke till, var att DICOM skickade fler paket med "Push" och "Acknowledgment" flaggor.

Detta fanns även i FTP sändningen, men i förekom i betydligt mindre antal.

Komposit funktionerna i DICOM såg ut att skapa något extra trafik.

Däremot låg antalet felaktiga paket på samma nivå som hos FTP.

En sak som kan inverka tiden, är att DICOM vill ha bekräftelse (ACK) efter en bild, vilket ger en paus i flödet om man skickar mer än en bild.

Då min referensundersökning endast har två bilder, så märkte inte jag av detta tidsmässigt.

En ej standardmässig variant man kan prova att förbättra hastigheten med, är att ändra PDU storleken.

Detta kräver att PDU storleken är inställd på samma värden i båda ändar.

Vinsterna med detta syns när sändningen består av många små bilder, som exempelvis en undersökning från en datatomograf där det handlar om bildserier med 100-tals små bilder. Här handlar det om endast två bilder.

Ändring av PDU storleken var därmed inte aktuellt att göra här, då målsättningen för projektet var att följa standarder och använda enkla lösningar så långt som möjligt.

Sammanfattningsvis:

FTP är bättre än DICOM i nätverk men skillnaden är inte så stor att det motiverar byte av protokoll för detta projekt.

4.8 Mellanlagring av bilder

Mellanlagring av bilder är användbart på många sätt, men framför allt kan man förbättra arbetsflödet för mobila röntgen teamet.

En av idéerna som föll bort var detta:

Om man kunde skicka bilderna till ett ställe utanför brandväggen, med *Storage SCP* funktion i exempelvis i DMZ, sedan hämta dem till PACS därifrån, så skulle man kunna utnyttja dynamisk uppkoppling och därmed kunna använda all tillgänglig uppkoppling.

Här skapade DICOMs Query/Retrieve konflikt med brandväggsregler, så detta avskrevs.

En annan plan är att hitta ett PACS som fungerar på en bärbar dator utan problem som *stand alone PACS*.

Härigenom kan användaren skicka över bilderna från Dragon till bärbar dator.

Därefter välja att skicka dem på plats, eller packa ihop och skicka under färd till nästa ställe.

Dcm4che är en bra DICOM-server, men med bildvisare som inte håller medicinskt acceptabel standard.

Bra PACS bygger ofta på öppen källkod på serverdelen, medan bildvisningen är sluten kod. Det finns kommersiella bildvisare med medicinskt godtagbar standard, som kan fungera med dcm4che, men avstod från dem av kostnadsskäl.

Här fick jag tips från min handledare om Efilm, som är ett PACS man använt tidigare i Lund, så valde den då det fanns en äldre, men fullt fungerande version av den på teknikavdelningen, Efilm version 2.

Den är lätt nog att fungera bra på en bärbar dator, samt med bra funktion för att skicka bilder, samtidigt som den kan lagra och visa dem.

Om man vill automatisera, finns det både kommersiella och öppen källkod lösningar.

Funktionen man behöver ha för en automatisk lösning är:

Ta emot – cacha – skicka vidare (så fort det går).

En intressant och billig *stand alone* lösning, som jag har hittat, är *dcmrelay*, som är öppen källkod med GPL licens.

Där finns det möjlighet att lagra bilder, och schemalägga hur ofta den ska försöka skicka dem vidare automatiskt.

En mängd kommersiella lösningar erbjuder "*Store and Forward*" tjänst för DICOM.

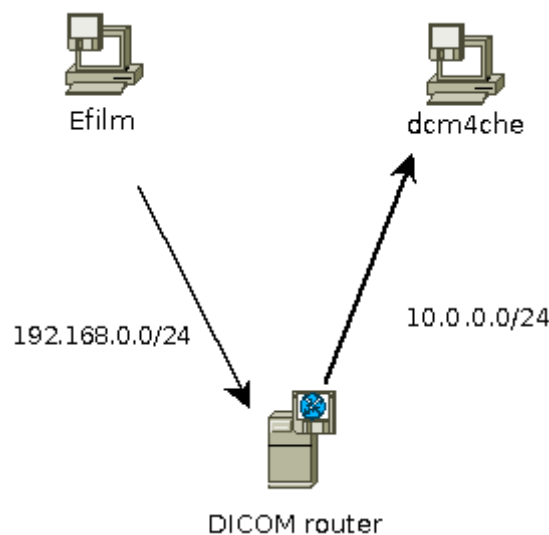
I form av olika *DICOM router* lösningar, dit man kan skicka bilder, programmet tar emot och skickar vidare.

Många intressanta alternativ att välja på som är kommersiella.

Ett exempel på alternativen som jag har testat, är *Dobco Medical Systems DICOM Router*.

Hårdvarukraven den har är:

Intel Pentium 3 eller AMD på 2 GHz, operativsystem Windows XP eller senare versioner av Windows, passar den bra för att köras på en inbyggd dator.



Ovan: Test av DICOM Router

Efilm skickar till dcm4che, när bilderna kommit till DICOM Router, skickar den bekräftelse till Efilm.

Efilm är då klar och kan stängas ner.

Om 10.0.0.0/24 är nere, cachas bilderna hos DICOM Router, tills 10.0.0.0/24 kommer upp igen.

Själva mjukvaran DICOM Router var enkel att använda.

Många konfigurationsmöjligheter för bildkän, som att hur ofta och hur länge den skulle försöka sända innan den ska ge upp.

Mellanlagringen fungerade bra, bilderna stannade kvar i cache tills den hade lyckats skickat dem vidare.

Den kunde även hantera en avstängning.

Då DICOM Router kör som en tjänst, kör den igång igen efter omstart och fortsätter sändningen av kvarvarande cachad kö.

4.9 Dragon

Dragon är röntgenapparaten där bilderna skapas och sändningen av dem börjar. Den väger ca.90 kg och hårdvaran är militärgraderad. Detta innebär att den tål tuffa förhållanden och temperaturväxlingar.



Ovan: Sedecal Mobile Dragon, med Canon DR CXDI-50 G detector, som är det mobila röntgensystemet som används i Lund.

Dragon är färdigkonfigurerad i grunden. Det finns vissa konfigurationsmöjligheter för bildlagring och bildsändning, för djupare konfigurering får man fråga leverantören om lov. Mjukvaran i Dragon stödjer två aktiva AET (Application Entity Title), vilket i DICOM identifierar till vilken destination man ska sända bilder.

Det som var av intresse här var främst om den kan ta ett Mini-PCI kort, samt på vilka sätt den kan kommunicera med omvärlden.

Modellen i Lund kan prata TCP/IP antingen via kabel eller Wlan 2.4 GHz.

Den har en antenn för WLAN, samt 3G antenn som kom i samband med montering av Sarian router.

Fråga om Mini-PCI kort skickades till leverantören.

Som användare har man tillgång till en petskärm.

Där kan man ställa in patientinformation, välja undersökning, ställa in värden för undersökningen, få en första visning av bilden, samt arkivera bilden.

När man arkiverar får man en indikator på att sändningen är igång, samt information om Dragon inte får kontakt med lagringsserver.

Däremot får man ingen tidsinformation om hur långt sändningen har kommit.

Alla bilderna som tas lagras även lokalt i maskinen och förvaras där under 2 månader, även efter det att man har arkiverat dem till destinationen man vill skicka till.

Detta ger bra redundans mot förlust av bilder.

5 Slutsatser av laborationer och undersökningar

5.1 Mätning av mobilt Internet

Slutsatsen jag dragit av dessa tester, är att mobilt Internet inte är stabilt nog för att man ska kunna förlita sig på det till 100 %.

Dock tillräckligt bra, om man har tillgång till dubbla nät via dubbla abonnemang.

Resultaten varierade både vad gäller jämförelser mellan Telia och Telenor, samt tid och plats, täckning samt hastighet.

Men inget av operatörerna var märkbart bättre än den andra,

Tvärtom kompletterade abonnemangen varandra.

Att resultaten varierar mycket, var inte oväntat.

Hastighetsmätningarna gjordes med USB-modem utan extra antenn.

En av vinsterna med att förstärka med antenn, är att genom förstärkning av signalen dämpar man fluktueringen.

En påverkande faktor som det inte finns någon bra lösning till, är prestandaförsämringar som beror på att många användare kopplar upp sig mot samma mobilmast.

Ingen av mätningarna var i närheten utav de teoretiska hastigheterna.

Toppresultaten i mätningarna kom både hos Telia och Telenor över 1.80 Mbit.

1.87 Mbit var max jag lyckats mäta, men dessa resultat var undantag.

Däremot om man lägger förväntningarna på 50 % av teoretisk maxhastighet, så ser det bättre ut.

I stort sett i alla tester, var någon av Telia eller Telenor på 1 Mbit eller högre, vilket är tillräckligt för att tidsgränsen jag satte som minimikrav ska uppnås.

Detta gav bekräftelse på inför det fortsatta arbetet, att 3G var en framkomlig väg.

4G behövs inte, men när det kan användas, kan det ge en ordentlig hastighetsökning, men 3G får vara utgångsläget, då 3G-nätet är bättre utbyggt än 4G-nätet i dagsläget.

Under en av testveckorna hade Telenor driftproblem med sitt datanät i Lundatrakten, dels bekräftat av Telenor kundtjänst, samt genom egna mätningar.

Under samma tid norr om Hörby fungerade Telenor utmärkt.

Detta var en avgörande bekräftelse på att dubbla simkort var viktiga för att få bättre redundans mot detta slags fel.

5.2 Komprimering

Mindre datamängd går snabbare att överföra, men manuell komprimering är inte aktuellt här, då det åter upp en eventuell tidsvinst.

Manuell komprimering behöver även användarinsats i båda ändar, vilket innebär extra arbetsmoment, vilket inte var önskvärt.

Det som kan utnyttjas, är någon form av realtidskomprimering som utförs på maskinnivå. Ett grundkrav är att det ska vara icke destruktiv komprimering.

Det som var intressantast här var LZ komprimering (Lempel-Ziv). LZ komprimering används bland annat i ZIP komprimering.

SLZ är ett verktyg man kan använda i mjukvara, men här var det inte aktuellt med egen scripting eller programmering.

Regionen önskar standardlösningar så långt som möjligt.

LZ på maskinnivå finns inbyggd i bl.a. Cisco WAAS tekniken.

I dagsläget var inte Cisco WAAS eller annan tillverkares WAN-accelerations lösning aktuell.

Men det kan vara värt att titta på färdiga lösningar för WAN-acceleration i framtiden.

Detta om behovet skulle uppstå att man behöver mera bandbredd och hastighet än vad mobilt bredband kan erbjuda.

5.3 Zeroshell

Ett stort problem som var ett hinder för att införliva Zeroshell i verksamheten, var att jag inte hittade någon inbyggd hårdvara som var lämplig för att köra Zeroshell på.

Här fanns en lösning som var görbar, vilket var att bygga en egen router.

Inte själv, men via kontakter jag har, vilket gör att det hade handlat om en skräddarsydd lösning för Zeroshell-router.

Detta blev inte aktuellt, då Region Skåne önskar standardlösningar.

Detta innebär att undvika speciallösningar så långt som möjligt, detta var även ett av skälen till att byta ut den befintliga Sarian routern mot en helt ny.

VPN-bonding visade sig fungera, *något jag själv var tveksam till innan jag började.*

Fördelen med ett system som Zeroshell, där man har full kontroll, är att man får kontroll i båda ändar, samt att det är ett billigt system.

Det räcker med två stycken begagnade datorer, en kabelanslutning till Internet, samt två vanliga mobilabonnemang för att sätta upp en VPN-bonding.

Det finns kommersiella lösningar som gör samma sak som Zeroshell gör med VPN-bonding, det närmaste är Viprinet i Tyskland.

Men det finns en stor skillnad.

Detta är att den andra ändan i bondningen ligger hos Viprinet i Tyskland och all trafik routas via dem.

För detta måste man ha ett abonnemang hos dem, förutom deras router, vilket innebär löpande kostnader.

Något annat som inte blev aktuellt p.g.a. säkerhetsskäl, men som Zeroshell ger möjlighet till, är lastbalansering över 2 eller flera VPN-anslutningar via dynamiska uppkopplingar. Om detta hade gått att använda, hade man kunnat använda det till att koppla upp sig mot alla tillgängliga Internet-anslutningar som finns på platsen man befinner sig på för stunden.

Detta hade öppnat upp även för andra alternativ än trådlösa för detta projekt. Exempelvis befintliga fiber och ADSL anslutningar som finns på de ställen man har verksamhet.

5.4 Inventering av befintlig utrustning

5.4.1 Nuvarande router

Den befintliga routern är en flaskhals, då 3G maxhastighet uppströms via den är 384 Kbit.

Alternativen här är att uppgradera befintlig router, vilket innebär en hårdvaru-uppgradering, eller att skaffa något helt nytt.

Det senare alternativet föredrogs av projektgruppen, så fick i uppgift att göra en kravspecifikation för ny router:

Router kravspecifikation maximum

- Klara av 3G HSUPA, samt 4G.
- Kunna ta dubbla SIM-kort, med lastbalansering på båda korten. (Dual WAN)
- Kunna ta ett Mini-PCI kort för WLAN.
- Klara av temperaturväxlingar, från -20C till +30C.
- Låg strömförbrukning, kunna matas från 12V bilbatteri.

Router kravspecifikation minimum

detta är vad nuvarande Sarian 4420 kan klara av om den uppgraderas:

- Klara av 3G HSUPA.
- Kunna ta dubbla SIM-kort, med fail over funktion.
- Klara av temperaturväxlingar, från -20C till + 30C.
- Låg strömförbrukning, kunna matas från 12V bilbatteri.

5.4.2 Nuvarande 3G -abonnemang

Det nuvarande telefonabonemaget ger endast 384 Kbit uppströms, vilket är en flaskhals. Detta kan uppgraderas till snabbare 3G abonnemang utan byte av simkort, vilket även gjordes. Nu är den enligt Telenor 6Mbit uppströms.

5.4.3 Antenn

Test av antennen gav goda resultat, så den monterades i röntgenbilen, där den placerades på taket.

Då antennen är rundstrålande, så är det enda man behöver tänka på vid parkering av bilen, att det inte finns sopcontainers eller andra liknande hinder mellan platsen där man parkerar bilen och byggnaden man ska göra undersökningen i.

5.4.4 Dragon

Det som är av intresse med Dragon, är om det är möjligt att installera ett PCI-kort i den för trådlöst nätverk.

Utöver det kan man installera extern fristående hårdvara utanpå, vilket underlättar logistiken av utrustningen.

Den befintliga routern har varit monterad vid sidan om Dragon, detta har fungerat bra.

Att den endast stödjer två aktiva AET visade sig vara en begränsning senare när mellanlagringen skulle konfigureras.

5.5 DICOM

Tidsjämförelserna visade inte någon märkbar skillnad jämfört med FTP.

Wireshark däremot visade att DICOM hade 5-10% overhead jämfört med FTP.

Skillnaderna är för små för att det ska vara motiverat att byta ut DICOM mot annat protokoll i nuläget.

Däremot om datamängden som man vill skicka inom rimlig tid skulle öka i framtiden, får man omvärdera detta.

ACK mellan bilderna spelar försumbar roll vid sändning av enstaka bilder, men väl värt att tänka på vid sändning av bildserier från t.ex. en datatomograf.

5.6 Dubbla simkort för redundans

Dubbla simkort är nödvändigt för att säkerställa uppkopplingen.

Detta för att man ska få redundans mot dålig täckning samt driftproblem hos teleoperatören.

Både under hastighetsmätningarna, samt under veckan när Telenor hade driftproblem med datanätet, kunde man genom att byta till ett annat simkort hos en annan operatör med eget fysiskt nät, komma runt problem med datanät och täckning.

Detta kan även utnyttjas för lastbalansering, i de fall man behöver skicka mer än en bild.

5.7 Mellanlagring av bilder

Den stora vinsten vid mellanlagring av bilder är att man kan koppla ur strömmen från Dragon, då bilderna sänds över från mellanlagringen.

Detta ger ett bättre och effektivare arbetsflöde.

Man kan utnyttja överföringstiden till att t.ex. packa ihop och köra vidare, istället för att behöva vänta på att överföringen blir klar.

Exakt vilken form av mellanlagring man ska ha, får vara upp till röntgensjuksköterskorna i mobila röntgen teamet att bestämma och välja.

Detta då det handlar om vilken funktionalitet man önskar när man arbetar.

Med en bärbar dator med exempelvis Efilm där man manuellt skickar över bilderna, får användaren både översikt och möjlighet att kontrollera hastigheten mot t.ex. bredbandskollen.

En fördel är även att man kan förflytta datorn i de fall den inte får kontakt via Wifi med routern i bilen, till en position där man får kontakt.

En nackdel med bärbar dator, är att det blir ännu en sak mobila röntgenteamet behöver bära med sig.

Om man inte önskar detta, så är iden från *Jimmy Johansson* i projektgruppen ett bra alternativ. Detta är att man har en automatiserad mellanlagring monterad vid sidan om Dragon, med strömförsörjning via batteri.

Denna skickar bilderna vidare automatiskt så fort den har kontakt via Wifi till router, vilket gör att denna lösning blir transparent för användarna.

En nackdel är att man får mindre överblick som användare.

Detta gäller för de fall man behöver ha bilderna godkända från radiolog inne på sjukhuset på plats.

Detta ger även sämre möjlighet att kontrollera hastighet och Wifi uppkoppling.

Detta är dock ett mindre problem som bör gå att lösa via arbetsrutiner, alternativt med en teknisk lösning med dioder eller liknande som indikerar Wifi.

Testade detta med DICOM Router mjukvaran, som hade funktionerna för att göra detta automatiskt på ett bra sätt.

Det går även att kombinera och variera lösningarna ovan, mellanlagring och bärbar dator på olika sätt, detta är något som man får testa fram tills när väl en ny router är tillgänglig.

6 Plan för genomförande av lösningen

Efter testerna av 3G, med slutsatsen att 3G fungerar om man kan få 1 Mbit hastighet uppströms, arbetades en plan fram.

För att ge bästa möjliga förutsättningar för uppkopplingen, behöver man förstärka med antenn, placerad utomhus.

Den mest praktiska placeringen av 3G-antennen är fastmonterad på biltaket.

Detta gav ett nytt problem, genom att bryta den befintliga men ej fungerande kedjan som fanns, med mobilt Internet direkt från undersökningsrummet, uppstod en ny sträcka att överbygga. Detta var sträckan från undersökningsrummet till routern i bilen.

För att lösa hur Dragon ska kommunicera med routern i bilen, arbetade jag fram följande plan.



Tre möjliga alternativ för denna sträcka.

1. Dragon direkt till bil.

Mellanlagring, Dragon skickar dit via kabel.

2. Bärbar dator via Wifi till bil.

3. Automatisk mellanlagring, Wifi till bil.



Bilderna överförs med 3G från bil till sjukhuset.

3G-router i bilen kopplad till antenn.

(I bilden röntgensjuksköterska Agne Persson, Dragon och bilen.)

6.1 Bilen som basstation

Den allra första planen som skissades fram redan i början av projektet.

Detta visade sig vara en lösning att bygga vidare på.

Utgår från att det är bättre mottagning utomhus, samt att det ger möjlighet till att förstärka mottagningen med rundstrålande antenn.

- WLAN mellan bilen och Dragon eller via mellanlagring.
- WLAN krypteras, samt kan konfigureras ytterligare vad gäller säkerhet.
- Mobilförbindelsen fungerar som nu från bilen, vad gäller säkerhet med mera.

Fördelar:

- Bättre mottagning med antenn utomhus, vilket ger bättre hastighet och svarstider.
- Mer flexibelt än fast uppkoppling

Nackdelar och problem som behöver lösas:

- Strömförsörjning till routern i bilen.

Detta kan lösas med batteri/UPS, eller 12volt från cigarettuttag.

Jag har testat med Sarian router och 12 volt, det fungerade bra.

WLAN från bil in till lokalen där undersökningen utförs.

Trådlöst nätverk har svårigheter inomhus att ge god täckning överallt i lokalerna utan repeaters.

Här är målsättningen att klara av det direkt utan mellanliggande repeaters.

Förslagvis WLAN på 760 till 780 MHz, detta kräver radiotillstånd från PTS.

Om inte detta går, så är de fria våglängderna 2.4 GHz och 5 GHz på högsta tillåtna sändareffekt reservalternativ för Wifi.

Det går dock inte att garantera att Wifi fungerar 100 % överallt.

För detta behöver man ett robust reservalternativ, exempelvis en bärbar dator med lokalt DICOM-arkiv, som kan kopplas via kabel till routern i bilen.

6.2 Kommunikation mellan Dragon och bilen

Det jag lärt mig om trådlös kommunikation sedan tidigare och under detta projekt, kan sammanfattas med: *använd alltid kabel när det är möjligt.*

Här är kabel inte praktiskt, utan ska endast användas som sista reserv när trådlöst inte fungerar alls, genom att man kan koppla mellanlagringen via kabel till router.

Detta skall inte behövas, då Wifi fungerar när man kommer tillräckligt nära bilen.

Här handlar det om att skapa en smidig arbetslösning som ska vara praktisk att arbeta med.

Därmed blir målsättningen att man från Dragon ska kunna kommunicera direkt med bilen via en extern enhet.

Den externa enheten kan vara en bärbar dator eller en inbyggd dator fäst vid sidan på Dragon.

Då det inte är möjligt att garantera att det ska fungera hela vägen med trådlöst överallt, så blir målsättningen att det ska bli så generellt gångbar som möjligt.

När mellanlagringen kommer tillbaka till bilen och NLOS sträckan minskar eller försvinner helt, så får den kontakt.

Här kan det även räcka med att förflytta sig inne i byggnaden med en bärbar dator, för att få kontakt.

Så två alternativ att välja på för röntgensköterskorna i mobila röntgenteamet.

Första alternativet, bärbar dator, med både RIS och PACS.

Bärbar dator med Efilm eller DICOM Router

Här arkiverar Dragon bilderna via kabel till Efilms eller DICOM Routers lokalarkiv på den bärbara datorn.

När det är gjort, kan man stänga ner Dragon.

Sedan skickar man manuellt eller automatiskt, det senare om man använder DICOM Router, vidare till routern i bilen över WLAN.

Detta kan man välja att göra antingen i undersökningsrummet eller i bilen.

Man får även tillgång till RIS, samt möjlighet att köra t.ex. bredbandskollen.

Här testade jag även K-PACS, som har samma funktionalitet som Efilm och kan vara ett alternativ.

Det andra alternativet, *ide och förslag från Jimmy Johansson i projektgruppen*, är att man har en liten dator fäst vid Dragon.

Dragon skickar till denna dator och den i sin tur skickar vidare till routern i bilen.

Denna dator ska ha ett batteri, så att den fungerar även när strömmen kopplas ifrån på Dragon.

Därigenom ska den alltid få kontakt trådlöst med routern, när Dragon väl är tillbaka i närheten av bilen.

En stor fördel med denna lösning är att den är transparent för användaren, det räcker med att arkivera från Dragon, så går det fram hela vägen.

- **DICOM routing**

Detta är en inbyggd dator med mjukvara för DICOM routing.

Dragon arkiverar bilderna via kabel till denna dator, som cachar dem, och skickar dem automatiskt vidare över WLAN till routern i bilen.

När Dragon är klar med sändningen, kan man stänga ner Dragon, då återstående sträckan av sändningen sköts av mellanlagringen.

Vilket av dessa alternativ som det blir, får röntgensjuksköterskorna som arbetar med mobilt röntgen bestämma.

Något som också var önskvärt, var att röntgens journalsystem RIS skulle kunna användas med snabbare uppkoppling, här finns det möjlighet att få in det.

6.3 Val av våglängd för kommunikationen mellan bil och Dragon

Kraven som helst ska uppfyllas:

- Inga mellanled såsom repeaters från bil till undersökningsrummet.
- Klaras av med rundstrålande antenner.
- Kunna fungera till alla sorters byggnader som man har service till.
- Fungera så transparent som möjligt för användaren.

Huvudregeln för radiovågor är att desto högre upp i frekvenserna man kommer, desto mer liknar radiovågornas egenskaper de som ljuset har vad gäller hinder och NLOS.

Lägre frekvenser har bättre räckvidd vid samma sändningstyrka, samt generellt bättre penetrationsförmåga genom hinder, med vissa undantag, framför allt vatten.

Tegel och betong är tillsammans med stål, de byggnadsmaterial som är de svåraste hindren för trådlösa nätverk inomhus av vanliga byggnadsmaterial.

Så jag utgick från dessa material för hinder som ska överkommas.

Även fönster dämpar, men inte lika mycket som de tre andra materialen.

Den största utmaningen här är att man inte kan kartlägga omgivningarna i detalj.

Detta ska vara en mobil lösning som ska fungera generellt överallt.

Inte bara på de nuvarande platserna där man har verksamhet, men även på kommande platser med tanke på framtiden.

Jag undersökte först möjligheterna att kunna göra detta på de fria våglängderna på 2.4GHz samt 5GHz.

Det finns utrustning på marknaden som skulle kunna klara av uppgiften, men med ett stort osäkerhetsmoment vad gäller höghus i tegel/betong.

Av dessa fria våglängder är 5GHz att föredra.

5 GHz har sämre penetrationsförmåga genom material jämfört med 2.4 GHz, men en fördel är att det är mindre konkurrens på frekvensen i dagsläget jämfört med 2.4 GHz.

Dessa våglängder är fria att använda, men maximal sändningsstyrka är reglerad.

Jag undersökte om det fanns möjlighet att få tillstånd för starkare sändningsstyrka på dessa fria våglängder, men fann att PTS (Post och Telestyrelsen), har endast tillåtit det i ett fall i Sverige.

Det var för 2.4 GHz för användning under jord i gruva i Kirunatrakten.

Ett annat intressant alternativ som lösning, var 3G repeaters för att köra 3G hela sträckan.

Detta alternativ såg jag inte som praktiskt möjligt för projektets del.

Även om PTS skulle ge tillstånd, så krävs det även tillstånd från mobiloperatörerna.

Detta ska göras för varje geografisk plats där man ska använda den, vilket inte är praktiskt görbart.

Slutligen, *det mest lovande alternativet* vad gäller att det ska fungera överallt, så långt som möjligt, var att titta på vad de har för lösningar i USA och Kanada.

USA har en annan frekvensplan jämfört med Europa och har bl.a. dedikerade frekvensblock för "*public safety*".

Dessa är på frekvenser som i Europa är reserverade i första hand för digital TV samt mobiltelefoni.

Detta innebär att det finns marknad för trådlös utrustning som fungerar på dessa våglängder i USA.

Detta är bra ur kostnadssynpunkt, samt att det finns även undersökningar och studier på hur det fungerar för räddningstjänst och annan samhällsnyttig verksamhet.

Resultaten jag sett var i huvudsak positiva, vilket är att det fungerar bättre på 700 MHz bandet jämfört med 2.4 GHz och 5 GHz.

Så tog här kontakt med PTS, efter att först undersökt hur kanalerna var utdelade i dagsläget och frågade om det vore möjligt att kunna få tillstånd på 900 MHz alternativt 700 MHz banden.

Av dessa var 700 MHz bandet mest lovande, dels för att det var längre ner i våglängderna och dels för att det är i huvudsak reserverat för Teracoms digital TV sändningar.

I Skåne sänds inte TV-kanaler på övre delen av 700MHz bandet, så det såg ledigt ut.

Därför såg 700 MHz ut att vara en mer framkomlig väg än 900MHz, där mobiloperatörerna sänder.

Ett problem är förstås närheten till Danmark, där det kan finnas sändningar som kan krocka.

Enligt svaret från PTS, svårt men inte omöjligt att få tillstånd, framför allt på 700 MHz bandet.

Detta under förutsättning att det inte fanns TV-sändningar på frekvensen som krockade.

Detta var ett positivt besked, så Regionen sände in en ansökan.

För 700 MHz är utrustningen som är aktuell ett PCI-mini Wifi-kort som opererar på frekvensen 760 till 780 MHz med kanalbredden på 20 MHz från företaget Ubiquiti.

Detta Wifi-kort klarar av hastigheter upp till 54 Mbps, vilket är tillräckligt.

Den stora flaskhalsen i hela kedjan kommer att vara den mobila delen.

7 Resultat och fortsatt arbete

Då inköp av en ny router dragit ut på tiden så har jag tyvärr inte kunnat testa och göra lösningen fullt ut.

Det som återstår blir fortsatt arbete, med målsättningen att man ska kunna ta det i drift senare i år.

Upplägget i kapitel 7 respektive 8 är att kapitel 7 handlar om faktaredovisning samt fortsatt arbete så långt man hann med, med bland annat skaffandet av utrustning.

Kapitel 8 är egen analys och reflektioner.

Resultat

För att få en uppfattning om vilken hastighet som behövdes, har jag använt mig av en referensundersökning på ca 30 MB. För att skicka detta inom 5 minuter, så behöver man ha en hastighet på 1Mbit eller högre.

Jag har testat och mätt mobilt bredband under hela projektet för att få en uppfattning om hur det fungerar i praktiken.

Vanligt 3G med 384kbit/s uppströms räcker inte, utan man behöver 3G med HSUPA, (även kallat Turbo-3G eller 3,5G).

Hastighetsmässigt så ska Turbo-3G räcka, men mätningarna och testerna som jag gjort visar att mobilt bredband fluktuerar mycket i hastighet, så man inte kan räkna med att få tillräcklig hastighet överallt alltid. Detta kan man motverka med att ha dubbla abonnemang. Här är det även viktigt att abonnemangen inte går över samma mobilnät så att man skyddar sig mot både dålig täckning och driftproblem som kan uppstå hos teleoperatören.

Under normala förhållanden, vilket är att man har bra täckning och inga driftstörningar finns hos teleoperatören, kan man komma upp i 1Mbit uppskattningsvis 7 gånger av 10.

Med dubbla abonnemang ökar man chansen till uppskattningsvis 9 gånger av 10.

Alternativen som jag tittat på, var inte bättre, utan likvärdiga som bäst vad gäller hastighet. Satellit och bredband via f.d. NMT-450 nätet är alternativ som kan användas i de fall 3G saknas eller behöver kompletteras. Av dessa är bredband över f.d. NMT-450 från Net1 det enklaste och billigaste alternativet.

4G kan bli möjligt framöver, vilket kan ge ytterligare prestandaökning, men i dagsläget är täckningen inte tillräckligt utbyggd i Skåne för att den ska kunna ersätta 3G.

Den befintliga uppställningen som fanns, med 3G direkt från Dragon, såg bra ut i teorin men fungerade inte. Jag undersökte vad som gjorde att det inte fungerade och hittade orsakerna. En orsak var att själva 3G täckningen är sämre inomhus, då byggnadsmaterial kan orsaka både radioskugga och dämpning av 3G-signalen.

Detta kommer man runt genom att placera 3G-sändningen utomhus förstärkt med antenn, vilket även gjordes, en antenn köptes in och placerades på transportfordonets tak.

Testerna med antennen visade på direkta förbättringar av den mobila uppkopplingen.

Hur man än gör, så är 3G flaskhalsen i kedjan och den delen man inte själv kan påverka.

Med antenn utomhus har man gett denna del bästa möjliga förutsättningar för att man ska få bra täckning.

Förutom dålig täckning, hittade jag två flaskhalsar, abonnemanget och router.

Det befintliga mobilabonnemanget visade sig vara begränsad till endast 384kbit/s uppströms. Abonnemanget uppgraderades till ett bättre 3G-abonnemang med HSUPA där man i teorin kan komma upp i 5.76Mbit uppströms. Mätningar med detta uppgraderade abonnemang visade på konsekvent bättre resultat än vad jag fick med 6/2 Mbit abonnemangen. Det är förstås ingen garanti för att man alltid ska få tillräckligt snabb hastighet, men chanserna till det ökar betydligt med snabbare abonnemang om mottagningen är bra.

Tester av den befintliga routern visade att den kunde endast klara av 384kbit/s uppströms i befintligt skick. Här var alternativen att uppgradera hårdvaran i den eller att byta ut den helt. Man valde det senare alternativet och det lutar åt att det ska bli en router från Cisco, av deras routrar ser modell 819 ut att vara bra nog, så föreslog den. Upphandling av en ny router pågår.

Laborerandet med Zeroshell gav bra inblick i hur lastbalansering fungerar med mobilt Internet, samt viktiga lärdomar på vad en ny router behöver klara av, vilket kom till nytta vid framtagandet av kravspecifikationer för en ny router.

VPN-bondning visade sig fungera, vilket jag inte riktigt trodde på själv innan detta.

Det jag kände till sedan tidigare av liknande lösningar som gör samma sak, var att man behövde göra det med hårdvara. Med Zeroshell kan man göra det med mjukvara och vanliga datorer, så länge man har kontroll i båda ändar av förbindelsen.

Detta gör att man kan komma undan betydligt billigare vad gäller kostnaden, jämfört vad motsvarande färdig tjänst skulle kosta.

Undersökning av DICOM protokollet och jämförelse mot FTP visade att byte av protokoll inte var nödvändigt för detta projektets behov, vilket är att kunna skicka 30 MB inom 5 minuter. Själva undersökningen av Ethernet-ramarna visade att DICOM har en overhead på ca 5-10 % jämfört med FTP. Detta kan inverka negativt tidsmässigt vid större datamängder än referensundersökningen på 30 MB.

Att undersöka DICOM protokollet lite djupare var en ny lärdom för egen del. DICOM protokollet i sig visade sig ha en hel del skillnader i hur det fungerade jämfört med FTP protokollet som jag kände till väl sedan tidigare.

I och med att man flyttar iväg 3G från Dragon till transportfordonet, så tillkom det en helt ny sträcka i kommunikationskedjan till sjukhuset som behöver överbryggas.

För kommunikation från bilen till byggnaden där man utför undersökningen, ansökte Region Skåne om radiotillstånd hos PTS för att använda Wifi på 700 MHz bandet.

PTS var positiv till att ge tillstånd, men med villkoret att tillståndet ges för varje geografisk plats man vill använda detta på.

Detta var inte praktiskt möjligt att godta, då man i dagsläget har man verksamhet på över 50 platser och att söka tillstånd för varje ny plats framöver skulle bli för tungrott, samt osäkert. Osäkert såtillvida att man riskerar att få nej på ett eller flera platser. Då behöver man arbeta fram ett alternativ till i alla fall. För egen del var detta lite nedslående. Dels för att det hade varit intressant att få testa Wifi på denna våglängd och dels för att det hade en bra chans att ge täckning inomhus på nästan alla ställen.

Då 700 MHz inte gick, ska istället de fria våglängderna 2.4GHz och 5GHz användas.

2.4GHz ska köras via den lediga antennen som finns på transportfordonets tak.

Genom detta får man en utomhusantenn en bit upp från marken, vilket ger bättre räckvidd.

För 5GHz blir det en mindre antenn direkt på routern. Räckvidden blir sämre med denna antenn, men man undviker problemet med att en högt placerad rundstrålande antenn kan ge dålig signal när man befinner sig under den. Antennen som skaffades och placerades på taket

till transportfordonet har en vertikal strålningsvinkel på ca 45 grader och är placerad ca 2.4 meter ovan mark, vilket kan göra att täckningen inne i bilen blir dålig. Här ska 5 GHz förebygga detta.

Fortsatt arbete

Önskemålet från Region Skåne var att jag fortsätter så långt jag hinner, med målsättningen att projektet kan testas och införas i verksamheten.

Då detta är ett pilotprojekt där resultatet ska kunna införas i resten av Region Skåne, så beslutades på det sista projektgruppsmötet inför sommaren att vi ska testa både varianten med extern inbyggd dator och med bärbar dator. Programmet DICOM Router ska användas i båda.

Mobila röntgenteamet ska få testa och utvärdera alternativen när väl all utrustning är på plats. Mellanlagringen kan se olika ut beroende på vilket arbetssätt som man föredrar och vilket som fungerar bäst med mobila röntgen teamets arbetsflöde.

När man testat olika arbetssätt, så kan man fortsätta använda lösningen eller lösningarna som blir aktuella.

När en ny router väl kommer, skall den testas innan den sätts in i verksamheten.

Fram till dess kan den befintliga routern användas för skarpa tester av utrustningen.

För att Wifi kommunikationen ska bli helt tillförlitlig, har två lösningar med mellanlagring testats, båda lösningarna fungerar bra i labbtester och bör även fungera ute.

Dessa lösningar kräver anpassad hårdvara som ska tåla både väder och tuffa tag utan att gå sönder, så jag fick leta fram vilket utbud som fanns och var man fick tag på utrustningen.

Skaffandet av utrustning

Det var inte möjligt att installera PCI-kort i Dragon direkt, enligt besked från leverantören. Detta gör att överföring och mellanlagring får ske med en extern enhet för Dragon till bil delen, denna bit kommer att behöva hjälp från användare för att det ska bli helt pålitligt och användbart. Samtidigt ska det passa användarnas arbetsflöde.

Den inbyggda datorn blev AEV-6312 från företaget Aaeon.

Denna dator är mycket tålig mot stötar och skakningar, vilket gör att den ska klara av att vara igång medan man transporterar Dragon. Den utrustades med ett Compact Flash minne som lagringsmedia istället för vanlig hårddisk, då Compact Flash tål skakningar bättre.

Datorn är även mycket strömsnål vilket är viktigt för batteritiden. Utan Wifi behöver den 12 volt och 1,236 ampere enligt specifikationen. Wifi-kortet som skaffades är SR71-E i MiniPCI-Express format. Detta kort klarar av både 2.4 GHz och 5 GHz och kommer från företaget Ubiquiti och kan fungera i minusgrader.

Tanken är att köra 5 GHz som första val och 2.4 GHz som andra alternativ, båda frekvenserna ska vara igång samtidigt från router håll.

Antennen blir av typen dual band, så att den klarar av båda frekvenserna.

För routern blir det två separata Wifi antenner, detta för att säkerställa bra signal inne i transportfordonet. 2.4 GHz ska köras via den lediga antennen som finns på taket på transportfordonet.

Genom detta får man en utomhusantenn en bit upp, vilket ger bättre räckvidd.

För 5GHz blir det en mindre antenn direkt på routern. Räckvidden blir sämre med denna antenn, men man undviker problemet med att en högt placerad rundstrålande antenn kan ge dålig signal när man befinner sig direkt under den.

Den bärbara är en laptop från företaget Hewlett Packard, vilka vann den senaste upphandlingen av datorer i Regionen.

Här var det inte så mycket att välja på, utan man valde en lämplig av modellerna som fanns att välja på. WLAN-kortet den kom utrustad med klarar av både 2.4GHz och 5GHz.

Mjukvaran som ska mellanlagras blir DICOM Router från företaget DOBCO Medical Systems. Licensen för mjukvaran visade sig vara dyr, så pass dyr att det inte gick att motivera kostnaden för enbart testning.

Här hade min handledare Sivert ett bra uppslag om att det kanske gick att få en testlicens. Mycket riktigt, jag tog kontakt med företaget, berättade om syftet och de gick med på en 3 månaders testlicens. Om man efter detta är nöjd med mjukvaran så kan man köpa permanent licens.

Strömförsörjningen är ett problem som behövde lösas för den inbyggda datorn.

Ett enkelt alternativ jag tittade på är en UPS, uninterruptible power supply.

Då den inbyggda datorn är mycket strömsnål, så räcker en enklare UPS i ett par timmar.

Robusta UPS som tål väder och tuffa förhållanden är dock dyra, så valde att satsa på Li-jonbatteri typen istället.

Li-jonbatteriernas utformning är en fördel, de är betydligt mindre och plattare än vad traditionella UPS är. Måtten på eX-powerII batteriet som skaffades är 188 x 113 x 22 mm.

UPS har liknande mått på bredd och längd, men de jag jämförde mot är 15 till 20 cm högre än detta batteri.

Li-jonbatterier eller Litiumjonackumulatörer, är de som används i bland annat bärbara datorer och telefoner.

Fördelen mot andra batterityper är att de har högre energitäthet vilket ger lägre vikt och storlek än motsvarande ackumulatörer av nickel-kadmium eller bly.

Sajten Tom's hardware hade ett bra test av externa batterier för datorer, så började leta efter batterierna i testet. Det visade sig vara svårt att hitta dem i Sverige, vilket var ett problem, då Region Skåne vill att man helst handlar på faktura inom Sverige.

Efter mycket letande lyckades jag hitta ett par av batterierna i testet hos svenska återförsäljare. Det batteriet som såg mest lovande ut av dem är Energizer XP18000, vilket ska ha kapacitet så att det räcker för en hel dag.

Jag lyckades inte få tag i detta batteri via ett betalsätt som fungerade med Region Skånes policy, vilket är att man i huvudsak ska använda sig av fakturor.

I stället blev det ett annat likvärdigt batteri, eX-power II, detta batteri har kapaciteten 6800 mAh 75 Watt och kan mata 12 volt med 3.5 ampere.

Detta bör vara tillräckligt, framför allt om man kopplar den så att den laddas varje gång Dragon är igång. Ett litet frågetecken är hur bra den kommer att hålla för temperaturväxlingar och transport när Dragon förflyttas.

Antenn för Wifi till den inbyggda datorn visade sig vara det svåraste att hitta. Då denna antenn ska monteras på Dragon, så måste antennen kunna monteras så att den inte är i vägen. Där 3G antennen som fanns sedan tidigare har varit placerad på Dragon, är ett lämpligt ställe, denna antenn är en platt disk-antenn. Men har inte lyckats hitta i en liknande disk-antenn som

klarar av Wifi dual band. Till dess att en sådan kan hittas, får man använda mindre stav-antennor. Dessa kan mycket väl visa sig fungera bra nog.

Vad som återstår att göra

Det som återstår är att testa själva mellanlagringen tillsammans med mobil röntgen teamet. Detta kan göras med den befintliga routern. Överföringstiderna kommer att vara fortsatt långsamma, men den mobila uppkopplingen kommer att fungera om man har den i transportfordonet. Detta gör att man kan testa och utvärdera allt. När man senare får en ny router och blir av med den sista flaskhalsen, så kommer överföringstiderna bli enligt målsättningen på 5 minuter.

8 Sammanfattning och egen analys

Ämnet för projektet i sig självt, IT och mobil sjukvård, är riktigt intressant för egen del. Då jag har arbetat inom röntgen sedan tidigare, så var det roligt att ha fått vara med och påverka i ett pilotprojekt i någonting som bara är i sin början.

Det finns fler tänkbara områden där mobil röntgen kan komma till nytta än bara äldreboenden. Några tänkbara i dagsläget är fängelser, flyktingboenden och härbärgen för hemlösa, det sista har redan provats i Malmö med gott resultat.

Någonting som har varit en extra sporre i sig för egen del, är att detta är en effektivisering av offentlig sektor som upplevs som en stor förbättring av patienterna och äldreboendepersonal. Detta enligt utvärderingen som gjordes 2011.

De ekonomiska utvärderingarna som gjorts i Norge, vilka visar att det även ger en samhällsbesparing, gör det hela ännu intressantare.

En liknande ekonomisk utvärdering som den som gjordes i Norge, är under arbete i Region Skåne. Det ska bli mycket intressant att se resultatet av den när den blir klar.

Själva projektarbetet

Tidsplanering som jag gjorde inför projektet, var på 3 månader, den höll delvis.

Detta var egentligen själva arbetet, att undersöka hur man ska göra och vad som gjorde att det inte fungerade. Med start i februari, tre månader framåt, så var en teoretisk lösning och laborationerna klara.

Det har varit en stor fördel att ha folk till hands att fråga om råd vid problem.

Både min handledare och alla som arbetar på BTC teknikavdelningen har kommit med råd och lösningar vid behov, samt även projektgruppen. Detta har varit till mycket stor hjälp. Regionens organisation är komplicerad så till vida, att mycket har gått via upphandlingar, som exempelvis fordonen som regionen har, samma med IT.

Detta gör att mycket ska skötas via ärendehantering, vilket är svårt om man inte är insatt i det. Ett bra exempel var antennen efter att jag hade testat den och konstaterat att den var bra. Nu skulle den monteras på biltaket.

Hur man skulle gå till väga för att göra det visste jag inte.

Men det fanns andra som visste hur det skulle göras så att det gick rätt vägar och vilka man skulle kontakta. Antennen blev monterad så den kom på plats.

Projektet i sig var inte större än vad jag trodde innan jag påbörjade den.

Däremot har den växt efter hand, en lösning ledde till ett nytt problem som uppstod och behövde lösas. En del saker tog längre tid än jag trodde på förhand, framför allt vad det gällt införskaffandet av utrustning som behövdes för lösningen.

Dels då det tog tid att leta efter bra saker, dels för att t.ex. den inbyggda datorn hade en leveranstid på 5 veckor.

Jag har även själv tagit tid på mig när det gällt att hitta lämplig prisvärd utrustning.

Detta då det handlar om skattemedel, vilka man bör hushålla med enligt min egen åsikt.

Utrustningen ska även vara robust, så att den tål temperaturväxlingar och tuffa förhållanden utan att gå sönder. Detta finns, men området var nytt för egen del. Detta gjorde att jag fick leta lite mer än vad man skulle behövt för motsvarande utrustning för inomhusbruk. När man väl hittat exempelvis den inbyggda datorn, så fick man leta lite till för att hitta en importör som kunde tillhandahålla den i Sverige.

För laborationer var teknikavdelningen den perfekta platsen när man behöver utrustning.

Då det är en medicinteknisk avdelning där de gör service och lagar röntgenutrustning, så hade jag tillgång till all utrustning de hade för detta, vilket var tillräckligt.

Detta gjorde att jag hade allt jag behövde av hårdvara till laborationer på plats redan.

Det jag skulle ändrat på så här i efterhand i arbetets gång, skulle vara att göra testerna av den befintliga utrustning tidigare. Detta hade gjort att framför allt flaskhalsen i Sarian routern hade upptäckts tidigare.

Nu valde jag istället att börja med den teoretiska undersökningen av alternativ och möjligheter först. Så här i efterhand kan man tycka att det var fel ordning, men när projektet började förväntade jag mig inte att det fanns flaskhalsar i både router och abonnemang.

Letandet efter lämplig utrustning var intressant och lärorikt, men svårare än jag trodde.

Framför allt så var det svårt när det gällde antenner och batterier. Dessa var områden jag inte hade så bra kunskap om innan projektet, så fick läsa på om dem först. Nu vet jag skillnaden mellan olika antenner och vad t.ex. en Yagiantenn är för sorts antenn.

Att hitta den sorts antenn jag var ute efter var svårt.

Dels på grund av dåligt utbud av dem, dels för att vissa saker tog tid att hitta.

En intressant notering jag gjort, är att alla stora elektronikdjur har mängder med både mobiltelefoner och utrustning för mobilt bredband till försäljning.

Däremot har de inga antenner till dem.

Något märkligt med tanke på hur mycket en antenn kan förbättra uppkopplingen för mobilt bredband.

Batteri var ännu svårare, helt enkelt för att här var utbudet väldigt litet.

Jag hittade endast tre stycken batterier av typen litium-jonackumulatörer som var intressanta, samt som fanns att köpa inom Sverige.

En tänkbar orsak kan vara att batterierna i bärbara datorer är så pass bra att efterfrågan av externa batterier är litet.

Zeroshell var mycket intressant och lärorikt att laborera med, tyvärr hittade jag ingen bra inbyggd hårdvara som skulle kunna köra den.

Men testerna gav bra inblick i problematiken med fluktuerande Internetanslutning.

Detta gav bra lärdomar på vad man behövde av en ny router och kom till nytta där.

Ett nytt område för egen del här var just lastbalansering. Innan detta projekt hade jag endast vaga kunskaper om området, nu betydligt bättre. VPN-bondning var ett mycket intressant koncept, inget som kunde användas till projektet, men bra att känna till att det fungerar och att det finns.

Själva problemet i detta projekt, slö hastighet via mobilt Internet, var i sig inte så svårt att lösa, åtminstone i teorin tycker jag. Lösningen som fanns sedan tidigare, med 3G direkt från Dragon, såg rätt ut rent teoretiskt. Min utgångspunkt var att hastigheten var problemet, sen gällde det att hitta var problemet satt. Det visade sig vara tre problem. Två flaskhalsar, vilka var router och abonnemang, samt dålig 3G täckning inomhus. Lösningen på dålig täckning, att använda en antenn utomhus, ledde i sin tur till ett nytt problem som behövde lösas.

Själva tekniken med 3G och 4G är i grunden bra. Men de visade sig vara betydligt mer instabila i praktiken än vad jag trodde innan projektet. Det är ett måste med stabil uppkoppling om mobil röntgen ska kunna användas för mer avancerade och akuta undersökningar.

Detta är undersökningar där röntgensköterskorna behöver få direkt besked från läkare inne på sjukhuset under tiden de är kvar på undersökningsplatsen.

De behöver även kunna läsa remisserna när de är ute, i de fall akuta remisser kommer under tiden de är på uppdrag. Idag får de köra till sjukhuset och hämta remissen, tid som kan sparas in om den trådlösa uppkopplingen fungerar.

Här ska dubbla simkort vara det som fixar detta så att det blir så pålitligt som det överhuvudtaget är möjligt.

Själva lösningen har jag försökt att göra med så små medel som möjligt så att det blir enkelt, samt så att själva kostnaden för den blir ska bli en fast summa.

Detta genom att utnyttja befintlig infrastruktur och standardiserad hårdvara som man ska kunna arbeta med och lita på. Samtidigt ska det gå att uppgradera lösningen i framtiden om behovet uppstår, exempelvis när nya tekniker och bättre utrustning kommer.

De förkunskaper jag hade innan projektet kom alla till nytta. Exempelvis Linux och nätverkskunskap om både om fasta nätverk och trådlösa nätverk under laborationerna med dcm4che och Zeroshell. Windows när det var dags att konfigurera den bärbara datorn och den inbyggda datorn, som båda ska köra Windows.

Hur skulle de konfigureras tillsammans med Dragon och router för kabelanslutning?

Lösningen blir att konfigurera dem med DHCP och alternativ IP-adress för kabelanslutningarna. På detta vis får man IP-adress via DHCP i sjukhusets nätverk, där även routern ingår, men utan DHCP får de en fast IP-adress.

Den fasta IP-adressen behövs för att det ska fungera med direktanslutning via kabel mellan Dragon och de två datorerna utan att behöva installera en DHCP-server där.

Det var även en stor fördel i projektet att jag själv arbetat på en röntgenavdelning innan projektet. Detta gav gratis insikt om hur arbetsättet bör se ut för att vara så lik arbetsättet man har inne på sjukhuset. Vilka regler som gäller och lösningen skapades därefter.

Jag har även lärt mig nya saker. Exempel på nästan helt nya områden är antenner och DICOM protokollet, samt batterier. Jag har även fått bättre insikt i hur det fungerar i en stor organisation som använder sig av ITIL och hur mobilt Internet fungerar i praktiken.

Jag fick även tillfälle att tjuvkoppla igång en dator under projektet, något jag inte har gjort tidigare. Det gällde den inbyggda datorn AEV-6312. Den har en 3-vägs kontakt för ström där man ska mata in + / - / ACC. I manualen stod det inget om ström till ACC.

Vid första försöket med att använda en vanlig 12 volts transformator med 2 kablar till 12 volt respektive jord, ville den inte starta.

Gissningen var att ACC var till tändningen i en bil, då denna dator var nischad mot att användas just i fordon. Men då leveranstiden för datorn var 5 veckor, så tog vi inga chanser utan kontaktade leverantören. Leverantören kontaktade i sin tur tillverkaren, som bekräftade att ACC var för tändläget i en bil. Lösningen var att brygga över 12 volt till ACC med en liten kabel, tjuvkoppla.

Avslutningsvis ett citat, som på ett bra sätt sammanfattar mobilt bredband och problemet med att många användare samtidigt inom samma område ger dålig prestanda.

Insändaren där citatet kommer ifrån, varnade för att ha övertro på 4G.

Då användarna delar på hastigheten, så sjunker den om alltför många är anslutna samtidigt.

Från Hufvudstadsbladet 1 maj 2012

Nisse Husberg, teknologie doktor i datateknik

””

Tekniken är det inget fel på men man måste tillämpa den förståndigt. Mobilt bredband är till för mobila tillämpningar (fordon). Fasta anslutningar skall ha fiberkabel med tanke på framtiden.

””

Källhänvisningar

Tryckta källor

Jochen Schiller Mobile Communications Second Edition
ISBN 0321123816

Eklund K, Klefsgård R, Ivarsson B, Geijer M. Positive Experience of a Mobile Radiography Service in Nursing Homes, Gerontology 2012;58:107-111

PriceWaterhouseCoopers (2006)
Mobile røntgentjenester til sykehjemmene
En samfunnsøkonomisk analyse

Tillstånd för bilder

Jag har frågat om lov att använda dessa bilder i denna uppsats, vilket det getts klartecken för:

Bild av Dragon.

Rättighetsinnehavare Mediel.

<http://www.mediell.se/>

Bild med Dragon, röntgenbil och röntgenpersonal.

Fotograf Lotta Malmstedt / Sveriges Radio.

<http://sverigesradio.se/>

Elektroniska källor via Internet

Pilotstudie i Skåne om mobil röntgen nu utvärderad

Tillgänglig:

<<http://www.vetenskaphalsa.se/pilotstudie-i-skane-om-mobil-rontgen-nu-utvarderad/>>(2012-05-25)

Positive Experience of a Mobile Radiography Service in Nursing Homes.

Tillgänglig:

<<http://www.lu.se/o.o.i.s?id=12588&postid=2150760>>(2012-05-25)

United States Department of Commerce

Technology Administration

National Institute of Standards and Technology

Electromagnetic Signal Attenuation in Construction Materials

Tillgänglig:

<<http://fire.nist.gov/bfrlpubs/build97/PDF/b97123.pdf>>(2012-05-25)

NIST, National Institute of Standards and Technology
700 MHz Band Channel Propagation Model

Tillgänglig:

<http://www.nist.gov/itl/antd/emntg/700MHz.cfm>>(2012-05-25)

Communications Research Centre Canada
COMPARISON OF RADIO PROPAGATION CHARACTERISTICS AT
700 AND 2,500 MHz PERTAINING TO MACROCELLULAR COVERAGE

Tillgänglig:

[http://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/smse-005-11-bell-apndix3.pdf/\\$FILE/smse-005-11-bell-apndix3.pdf](http://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/smse-005-11-bell-apndix3.pdf/$FILE/smse-005-11-bell-apndix3.pdf)>(2012-05-25)

DW Highspeed Wireless FAQ

Tillgänglig:

<http://www.digitalweb.net/wireless-faq.shtml>>(2012-05-25)

Does Weather Effect Wireless? The 5 Misconceptions - Part 1

Tillgänglig:

<http://www.aowireless.com/blog/bid/34066/Does-Weather-Effect-Wireless-The-5-Misconceptions-Part-1>>(2012-05-25)

Zeroshell webbplats med forum

Tillgänglig:

<http://www.zeroshell.net>>(2012-05-25)

Sarian 4420 3G router

Tillgänglig:

http://www.nucleusnetworks.co.uk/docs/router_specs/sarian_hr4420_series_spec.pdf>(2012-05-25)

3G antenner översikt

Tillgänglig:

<http://www.lohelectronics.se/pages.php?page=antenner-for-3g-datakommunikation>>(2012-05-25)

Om Dragon

Tillgänglig:

www.mediell.se/sv/produkter/mobil_roontgenutrustning/mobile_dragon/>(2012-05-25)

Cisco Data Sheet Wide Area Applications Services Mobile

Tillgänglig:

http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/contnetw/ps5680/ps6870/data_sheet_cisco_wide_area_application_services_mobile.pdf>(2012-05-25)

DICOM Traffic Performance and WAAS Application Deployment Guide

Tillgänglig:

<<http://www.cisco.com/en/US/docs/solutions/Verticals/waasapnotes.pdf>>(2012-08-25)

DICOM standarden

Tillgänglig:

<<http://medical.nema.org/>>(2012-05-25)

<<http://medical.nema.org/standard.html>>(2012-05-25)

Basic DICOM Operations

Tillgänglig:

<http://www.medicalconnections.co.uk/kb/Basic_DICOM_Operations>(2012-05-25)

dcm4che

Tillgänglig:

<<http://www.dcm4che.org/>>(2012-05-25)

Silver Peak WAN acceleration

Tillgänglig:

<http://docs.media.bitpipe.com/io_10x/io_103588/item_503123/Silver%20Peak%20Technology%20Overview.pdf>(2012-05-25)

DCMRELAY

Tillgänglig:

<<http://dcmrelay.sourceforge.net/>>(2012-05-25)

Dobco Medical Systems Dicom Router

Tillgänglig:

<<http://www.dobcomed.com/documents/BrochureDCDR.pdf>>(2012-05-25)

IDL Storage SCP Service

Tillgänglig:

<http://idlastro.gsfc.nasa.gov/idl_html_help/About_the_Storage_SCP_Service.html>(2012-04-10)

Viprinet

Tillgänglig:

<<http://www.viprinet.com/en/home>>(2012-03-16)

Post och Telestyrelsen

Tillgänglig:

<<http://www.pts.se>>(2012-05-25)

Artiklar på techtarget.com, kan kräva inloggning:

Tillgänglig:

<http://searchnetworking.techtarget.com/news/2240149051/WLAN-design-with-Wi-Fi-beamforming-solves-warehouse-network-problems>>(2012-05-25)

<http://searchnetworking.techtarget.com/tutorial/80211n-WLAN-design-best-practices>>(2012-05-25)

Wifi-kortet XtremeRange 7

Tillgänglig:

<http://www.ubnt.com/xr7>>(2012-05-25)

Efilm

Tillgänglig:

<https://estore.merge.com/na/index.aspx>>(2012-05-25)

GP Software Directory Opus

Tillgänglig:

<http://www.gpssoft.com.au/>>(2012-05-25)

Wireshark

Tillgänglig:

<http://www.wireshark.org/>>(2012-05-25)

Mobil röntgen – en verksamhet för framtiden

Tillgänglig:

<https://www.vardforbundet.se/Agenda/Aktuellt/Mobil-rontgen-Lund/>>(2012-04-14)

Dobco Medical systems Dicom Router

Tillgänglig:

<http://dobcomed.com/dicomrouter.php>>(2012-05-12)

Nisse Husberg -Trådlös teknik är en återvändsgränd

Tillgänglig:

<http://hbl.fi/opinion/lasares-brev/2012-05-01/tradlos-teknik-ar-en-atervandsgrand>>(2012-05-25)

Telenor

Tillgänglig:

<http://www.telenor.se>>(2012-05-25)

Telia

Tillgänglig:

<<http://www.telia.se>>(2012-05-25)

Region Skåne

Tillgänglig:

<<http://www.skane.se>>(2012-05-29)

AEV-6312 inbyggd dator från Aaeon

Tillgänglig:

<<http://www.aaeonsystems.com/products/AEV-6312.php>>(2012-06-20)

Kristianstadsbladet

Tillgänglig:

<<http://www.kristianstadsbladet.se/debatt/article1638026/Forsumliga-mobiloperatörer.html>>(2012-07-20)

Tillgänglig:

<<http://www.kristianstadsbladet.se/kristianstad/article1647059/rdquoMan-far-acceptera-att-det-integar-att-ringardquo.html>>(2012-07-29)

Cisco 819 Integrated Services Routers

Tillgänglig:

<http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps10906/ps380/ps11615/data_sheet_c78-678459.html>(2012-08-01)

Wikipedia om Li-jonbatterier

Tillgänglig:

<http://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion_battery>(2012-08-01)

Tom's Hardware test på externa batterier

Tillgänglig:

<<http://www.tomshardware.com/reviews/notebook-battery-external-power-supply,2821.html>>(2012-07-14)

Energizer XP 18000 batteri

Tillgänglig:

<<http://www.energizerpowerpacks.com/us/products/xp18000/>>(2012-08-02)

eX-power II batteri

tillgänglig:

<<http://www.batteries-depot.com/outproducts.php/24+3973>>(2012-08-02)

Ubiquiti SR71-A

Tillgänglig:

<<http://www.ubnt.com/sr71a>>2012-06-28)

Panorama Antennas

Tillgänglig:

<<http://www.panorama-antennas.com>>(2012-06-20)

Sectra RIS/PACS

Tillgänglig:

<http://www.sectra.com/medical/radiology_it/offering/diagnostic_imaging_suite/solutions/>(2012-08-03)



Linnéuniversitetet

Institutionen för datavetenskap, fysik och matematik

391 82 Kalmar / 351 95 Växjö

Tel 0772-28 80 00

dfm@lnu.se

Lnu.se/dfm