

SUNET Strategigrupp för teknikområdet

Rapport

SUNET teknikstrategigrupp
Hösten 2011



Förord

SUNET:s styrelse har beslutat att ett strategiarbete för SUNET:s framtida utvecklingsmöjligheter skall genomföras. Strategiarbetet skall se till de olika delområden som finns representerade inom högskolevärlden; teknikområdet, forskning och utbildning. Därutöver skall också lärosätenas generella behov beaktas. Det skall speciellt beaktas inom vilka områden SUNET kan och bör inta en utökad roll i samordningen av lärosätens IT-stöd, även utanför kommunikationsområdet, genom att till exempel tillhandahålla effektiva nationella IT-tjänster. En omvärldsanalys med fokus på tekniskt framåtblickande ska utgöra projektets språngbräda. Strategiarbetet skall ha en tidshorisont på tre till fem år.

Det beslutades att tillsätta nedanstående grupper.

- Övergripande strategigrupp
- Strategigrupp för teknikområdet
- Strategigrupp för lärosätenas generella behov
- Strategigrupp för forskningens behov
- Strategigrupp för utbildningens behov

Föreliggande rapport avser strategigruppen för teknikområdet.

Stockholm 2011-10-21

Per Andersson, Enhetschef, IT-service, Chalmers

Magnus Bergroth, Nätverksarkitekt, NORDUnet

Magnus Höglund, IT-chef, Högskolan Dalarna

Fredrik Johansson, Nätverksansvarig, LTU

Börje Josefsson, CTO, SUNET

Innehåll

1	Inledning och bakgrund.....	3
1.1	Uppdraget.....	3
1.2	SUNETs tekniska infrastruktur idag.....	3
1.3	SUNET jämfört med andra nätoperatörer.....	5
2	Nätstruktur - framtida utveckling.....	6
2.1	Trafikutveckling – Statistik, trender och prognoser.....	6
2.2	Tillgänglighet.....	9
2.3	Dynamisk förbindelseetablering.....	10
3	Framtida infrastrukturutveckling.....	12
3.1	Användarnas ökade rörlighet / mobilitet.....	12
3.2	Identitetsfederationer (SWAMID, eduroam).....	12
3.3	MPLS Layer-2-tjänster.....	13
3.4	Höghastighetsförbindelser.....	14
3.5	Överföring av stora datamängder.....	14
3.6	"Grön" IT.....	14
4	Universitetens campusnät (både fast och trådlöst).....	16
4.1	Vi ser ett antal trender för Campusnäten:.....	16
4.2	Användaren, inte utrustning eller plats är det centrala.....	16
4.3	Tillgång från många och olika enheter.....	16
4.4	Nätverket på campus.....	17
4.5	Fjärrinloggning och virtualiserad användarmiljö.....	18
5	"Molntjänster" – Cloud computing.....	19
5.1	Utmaningar vid migrering till molntjänster.....	20
5.2	Trender och slutsatser kring molntjänster.....	21
6	Övrigt.....	22
6.1	IPv6.....	22
6.2	Analys av trafikflöden.....	22
6.3	Koppling mot mobilnätoperatörer för datatrafik.....	23
7	Blandade iakttagelser.....	24
8	Slutord.....	25

1 Inledning och bakgrund

SUNET:s styrelse har beslutat att ett strategiarbete för SUNET:s framtida utvecklingsmöjligheter skall genomföras. Strategiarbetet skall se till de olika delområden som finns representerade inom högskolevärlden; teknikområdet, forskning och utbildning. Därutöver skall också lärosätenas generella behov beaktas. En omvärldsanalys med fokus på tekniskt framåtblickande ska utgöra projektets språngbräda. Strategiarbetet skall ha en tidshorisont på tre till fem år. Föreliggande rapport avser denna tekniska studie. Rapporten är tänkt att kunna läsas självständigt, oberoende av de andra gruppernas rapporter. Den innehåller gruppens rekommendationer till SUNET i strategiarbetet, men även en del kommentarer, synpunkter och rekommendationer som vi hoppas kunna vara till nytta för lärosätenas IT-avdelningar.

1.1 Uppdraget

Gruppen skall göra en teknisk omvärldsanalys inom de områden som kan vara relevanta för SUNET eller för svenska universitet och högskolor både vad gäller nätteknik, teknik för infrastrukturella tjänster och teknik för andra möjliga tjänster samt också teknikområden som är relevanta för lärosätenas campusnät och nätnära tjänster. Gruppen skall analysera och studera nationell och internationell konnektivitet, teknikutvecklingstrenderna för forsknings- och utbildningsnät i Europa och USA och bedöma konsekvenserna för SUNET av bland annat den pågående utvecklingen mot dynamisk förbindelseetablering, virtuella nät och federerade nät. Vilka krav kommer den pågående utvecklingen mot att tjänster flyttas från lärosätets egen datorhall till universitetsgemensamma eller kommersiella tjänsteleverantörer (*outsourcing, cloud computing, etc.*) att ställa på SUNET och på lärosätenas campusnät? Gruppen skall även bedöma om det finns behov av att förbättra tillgängligheten för de organisationer som är anslutna till OptoSunet och i så fall föreslå lämpliga åtgärder för detta.

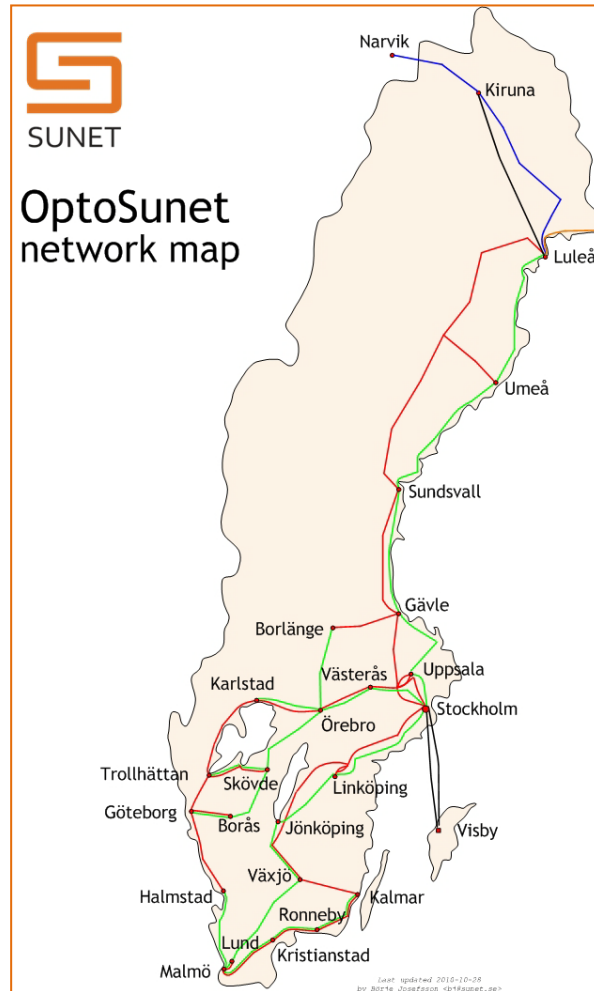
1.2 SUNETs tekniska infrastruktur idag

SUNET har idag en infrastruktur baserad på förhyrd s.k. svart fiber. Till detta fibernät är utrustning för våglängdsmultiplexering [DWDM] ansluten för att lysa upp fibern och överföra ett antal kanaler, i regel med kapaciteten 10 Gbit/sek på varje fiberpar. För att sköta trafikväxling av IP-trafiken finns ett antal större routrar installerade på två ställen i Stockholm, och dessutom på ett antal ställen i landet. Till det tillkommer routrar som är placerade på de större universiteten. Fibernätet är förhyrt med långtidskontrakt som gäller till 2014-12-31, men kan om så önskas förlängas till 2018-12-31.

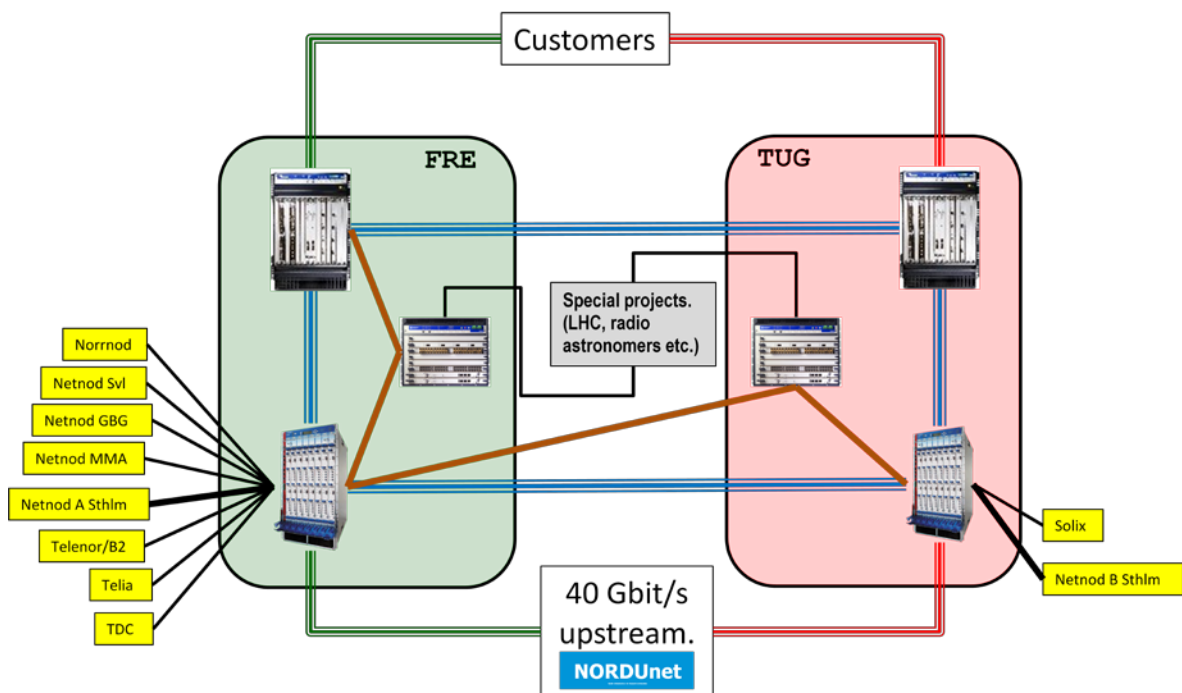
1.2.1 Nätlayout

SUNETs rikstäckande nät omfattar i dagsläget orter och förbindelser enligt nedanstående karta. Som synes så är nätet uppbyggt av två diversifierade fibervägar (de så kallade röda och gröna näten) för att uppnå hög tillgänglighet i händelse av kabelskada, utrustningsfel etc.

Utöver det som kartan visar tillkommer lokala nät på de olika orterna och - speciellt i Stockholm - en omfattande lokal infrastruktur för att ansluta museer, konstnärliga högskolor och andra organisationer.



Kärnan i nätet kan sägas bestå av installationerna på två ställen i Stockholm, där de centrala routrarna är placerade, och där de röda och gröna optiska näten mot de olika delarna i landet sammanstrålar. Nedanstående bild visar översiktligt denna layout.



1.2.2 Trafikutbyten (direkt och indirekt via NORDUnet)

SUNET utbyter idag trafik med de flesta Internetoperatörer i Sverige. Det görs dels via direkta förbindelser till de större svenska operatörerna, men även med ett 70-tal operatörer via de olika Internetknutpunkterna i landet (med en del av dem sker trafikutbyte på flera ställen, totalt är det ca 110 st.). Den trafik som inte kan växlas lokalt i Sverige skickas till NORDUnet, detta gäller även trafik till forskningsnät i andra delar av världen.

Det är viktigt att komma ihåg att Internettrafik kostar, och kostnaden beror på volymen! Idag betalar NORDUnet knappt 15 kr/Mbps/månad för internationell transit. Detta är ett förhållandevis lågt pris, tack vare den stora volymen och NORDUnets internationella närvaro. Om man hade köpt det i mindre volymer i Sverige så hade priset antagligen varit minst 5 gånger högre.

Denna kostnad är viktig att komma ihåg när man planerar nya stora bandbreddskrävande tjänster. Om SUNET eller NORDUnet **inte** har en direktförbindelse till leverantören (eller leverantörens Internetoperatör) så blir vi tvungna att betala extra för den trafiken. Som exempel - om vi börjar använda en gigabittjänst som vi inte har direktförbindelse till så får vi betala 1,5-2 MSEK per år för den trafiken.

Vi rekommenderar SUNET att antingen genom egen försorg eller via NORDUnet verkar för att i görligaste mån etablera sådan direktförbindelse till leverantörer som står för väsentlig del av trafiken till/från SUNETs kunder.

1.3 SUNET jämfört med andra nätoperatörer

Det som skiljer SUNETs nät från kommersiella nätoperatörer är bland annat följande saker, något som måste beaktas när man diskuterar framtida utveckling och struktur.

1. **Nät utan överbokning.** Den kapacitet en SUNET-kund har, kan de använda hela vägen i SUNET:s nät, NORDUnet och i många fall även längre bort (t.ex. i Géant). SUNET har inte heller någon artificiell teknisk begränsning av kapaciteten. Även om en kund har avtalat om 100 Mbit/s så kan de köra upp till 1 Gbit/s om de sitter på en förbindelse med den kapaciteten, så länge de inte varaktigt använder den högre bandbredden. Detta jämfört med många kommersiella operatörer som lovar "upp till" en viss kapacitet och som ofta bygger nät med överbokning i många led.

2. **En fullständig Internetanslutning.** Ingen filtrering eller begränsning. Jämför t.ex. med att en del kommersiella inte tillåter IP-telefoni, IPTv, etc. och en del t.o.m. försöker spärra Skype och liknande tjänster.

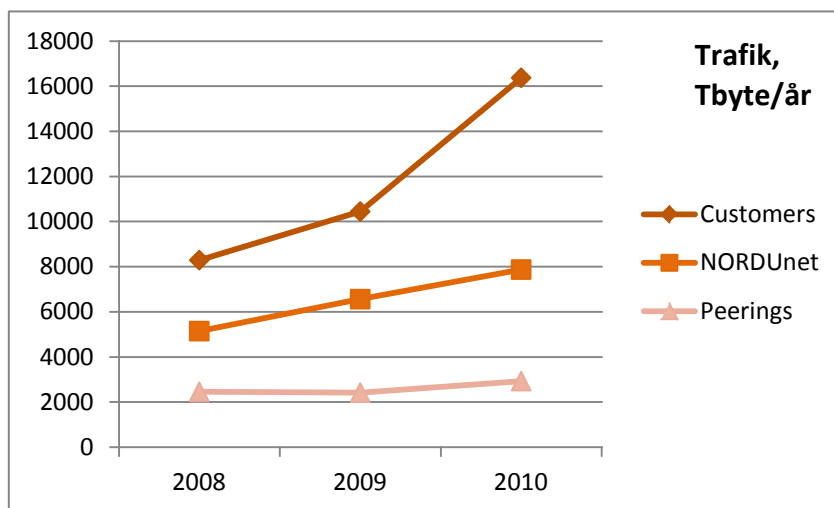
3. **Nåbarhet till alla forskningsnät i Europa och USA**, samt till många andra forskningsnät i resten av världen Som exempel kan nämnas att det Europeiska forskningsnätet Géant i sin policy explicit inte accepterar trafik från kommersiella operatörer. Detsamma gäller i de Amerikanska universitetens forskningsnätanslutningar.

2 Nätstruktur - framtida utveckling

Som nämnts ovan så är fibernätet förhyrt med långtidskontrakt som gäller till 2014-12-31, men kan om så önskas förlängas till 2018-12-31. Även den optiska utrustningen har flera års avskrivningstid kvar. En eventuellt stor förändring av denna fysiska infrastruktur faller alltså till stor del utanför tidsramen för vad denna studie omfattar. Vi ser idag ingen anledning till att inte förlänga fiberavtalen. Den optiska utrustning SUNET har idag går att uppgradera till att klara minst 100 Gbit/sek om så skulle behövas.

2.1 Trafikutveckling – Statistik, trender och prognoser

Sedan SUNET startade i början på 1980-talet har trafiken hela tiden växt med en faktor av ungefär 1,5-2 per år. Nedanstående diagram visar de senaste tre årens trafik, mätt i Terabytes per år, fördelat per trafikdestination. Noteras kan att trafiken mellan de anslutna organisationerna växer betydligt mer än trafiken ut och in i nätet. Detta är en förändring mot hur det varit tidigare, när majoriteten av trafiken från ett universitet gick till/från icke-SUNET-organisationer.



Vi ser idag inga kommande enskilda tekniksprång som kommer att öka nätanvändningen drastiskt. Användarupplevelsen av nätet idag bygger på omedelbar feedback. Detta driver också utvecklingen av bland annat webbläsare mm – de ska vara så snabba som möjligt. Bandbredden är inte det primära, istället är det låg fördröjning som är viktigt, det ska hända så fort som möjligt. Väsentligt för prognoserna är dock att många användare kommer att använda bandbredden mot många olika tjänster hela tiden, inte som idag i små skurar. Detta driver naturligtvis upp den sammanlagda trafiklasten på näten.

Det som möjligen kan komma att påverka trafiken är om universiteten väljer att lägga ut sin säkerhetskopiering på andra ställen ("off site backup"). Detta kan komma att drastiskt öka trafiken, men det kommer å andra sidan mest troligt att ske på nätterna, så det kan hända att det ändå inte blir ett så stort problem eftersom då den övriga trafiken är lägre. Som exempel kan nämnas att Chalmers idag har uppemot 3 Gbit/sek trafik på nätterna till sitt lokala backupsystem.

Läs- och skrivhastigheten till disk har länge varit en begränsande del för att få data ur en maskin. Med moderna SSD-diskar går det idag med en vanlig bärbar dator att skicka 1

Gbit/s från disk ut på nätet. SSD-diskar är fortfarande dyra men kommer troligen att bli standard ganska snart. Detta kommer inte att öka den totala mängden data som går genom nätet, men topparna i nätlasten kommer att bli högre. Möjligen kommer mera data att flyttas för det är enklare att hämta data från en server än att leta rätt på det på sin dator.

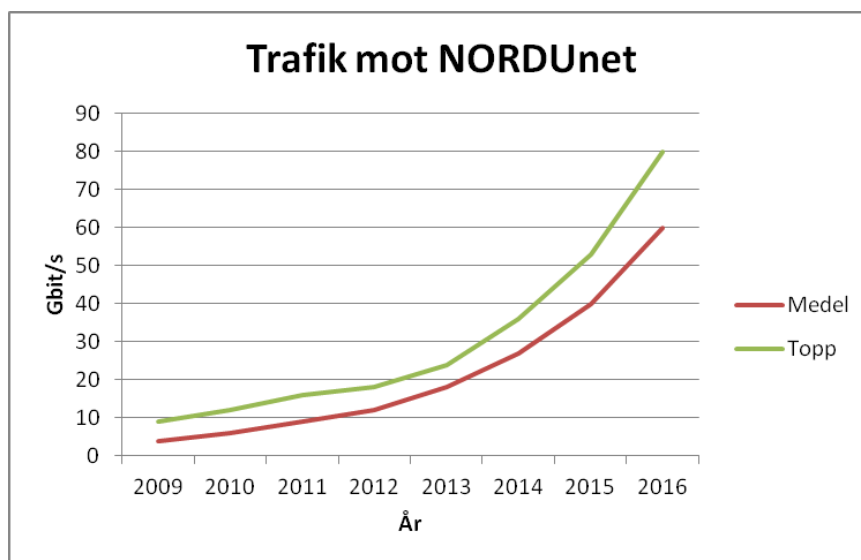
Om tjänster flyttas från den lokala datahallen ut till extern leverantör (se separat kapitel om molntjänster) så ska trafiken också ut från universitet istället för som idag till den lokala datacentralen. Chalmers har idag t.ex. ca 1,5-2 Gbit/s till sin datahall under dagtid. Skulle alla lärosäten flytta alla sådana tjänster ut till externa leverantörer så skulle det få en stor konsekvens på nätet, men vi tror snarare att det för de närmsta åren så blir det ett färre antal nyckel-tjänster som kommer att läggas ut. Vid design av kommande campusnät så bör man också ha i åtanke att förhållandet mellan hur mycket data som skickas till/från Sunet kontra det som skickas till det lokala datacentret kan komma att förändras jämfört med hur det har varit traditionellt.

En tankeställare är vad som kan bli effekterna om bostadsnäten byggs ut och varje hem blir anslutet med 1 Gbit/s: Kan det medföra nya/andra applikationer och användarmönster som avspeglas på användningen av våra nät?

2.1.1 Prognoser för trafiktillväxt

Medeltrafiken till NORDUnet har ökat med ca 50 % varje år under lång tid. Toppvärdena har dock inte ökat lika mycket på sistone (jfr ovan med att vi numera mer och mer använder bandbredden hela tiden).

Om man räknar med att topparna planar ut lite och blir ca 30 % påslag på medeltrafiken och medeltrafiken samtidigt fortsätter att öka med 50 % per år så får vi följande prognos:



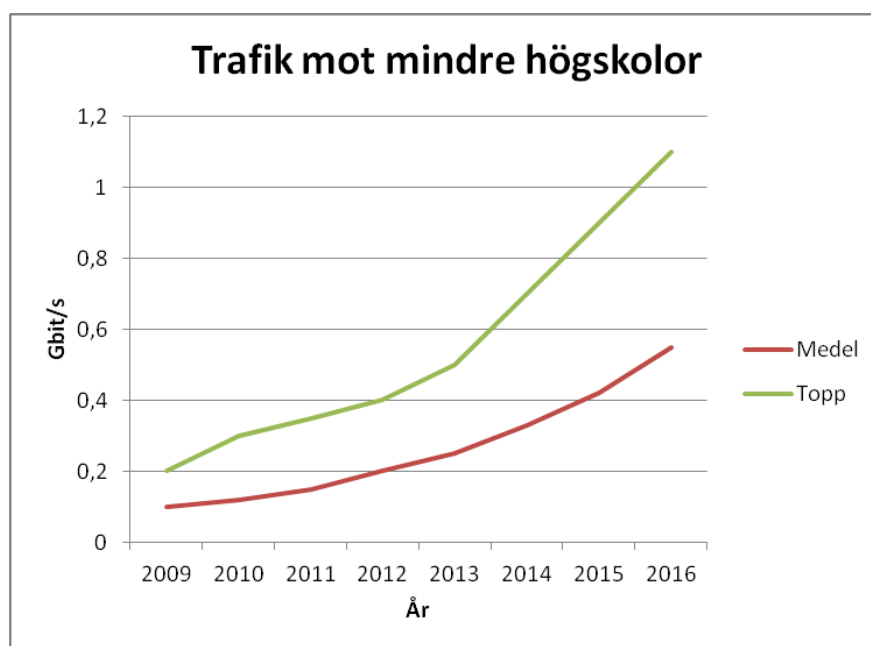
Detta gör att SUNET bör ha beredskap för att installera 100 Gbit/s interface mellan Sunet och NORDUnet ungefär år 2015. Vid den tidpunkten borde kostnaderna för 100G interface vara billigare än 10 st. 10 Gbit/s interface, vilket det inte är idag. Men även innan detta inträffar bör vi uppgradera från nuvarande 1*40Gbit/s + 2*10 Gbit/s till något mer symmetriskt.

Tittar man på trafiken till större lärosäten (t.ex. LiU, KTH eller UmU), så verkar också de ha en tillväxt på 50 % per år med toppar på 30 % över medelvärdet. Det ger följande översiktliga prognos:



Om prognosen stämmer så kommer SUNET att behöva uppgradera några större lärosäten till 2*10 Gbit/s (redundant) i början av 2013 och i slutet av 2014 kommer några att behöva mer än så. Vad nästa tekniksteg efter 10GE blir är osäkert, men de Mx80-routrar som används idag klarar (med nuvarande design) inte mer än 2*10 GE som upplänk.

De mindre högskolorna verkar ha en något lägre tillväxt i sitt nätverksutnyttjande och ligger runt en 30-procentig ökning per år, men toppvärdena verkar ligga på ungefär dubbla medelvärdet. Detta är rimligt då en ensam dator lätt kan åstadkomma sådana toppar. Detta ger följande prognos:



Idag är trafikfördelningen till lärosätena fördelad ungefär enligt nedanstående tabell:

Trafik idag (Gbit/s)	Antal
0-0,5	13
0,5-1	8
1-3	4
3+	4

Om prognoserna ovan håller så kommer vi antagligen inom den kommande 5-årsperioden att behöva uppgradera 3-4 st. av de som idag har 1 Gbit/s-anslutning (osäkert om det då är till 2*1 GE eller till 10 GE). För de som idag har 10 Gbit/s behöver troligen 3-4 st. uppgraderas till 2*10 Gbit/s och dessutom är det ca 4 st. som kommer att behöva **mer** än 2*10 Gbit/s under perioden.

Vi rekommenderar SUNET att uppgradera universitetens förbindelser och, i förekommande fall, kundplacerade routrar när utnyttjandet mer än kortvarigt överstiger 85 % av den redundanta kapaciteten. Samt att i god tid undersöka vilken design och utrustning som ska användas för de som så småningom behöver mer än 20 Gbit/s.

2.1.2 Kundgränssnitt

Kundgränssnittet idag är 1 Gbit/sek Ethernet (1GE) på fiber mot de mindre organisationerna och 10 Gbit/sek Ethernet (10GE) mot de större. Vi tror inte att det inom de närmsta åren finns någon anledning att ändra på det. När någon organisation behöver mer bandbredd än vad de har idag så är det med största sannolikhet enklast och billigast, åtminstone för de som idag har 10 Gbit/sek, att dubblera den förbindelsen och avlämna som 2*10 Gbit/sek istället. Även om 100 Gbit/sek finns som färdig produkt idag så förutser vi inte att det kommer att vara kostnadseffektivt som kundgränssnitt inom de närmsta 3 åren. Däremot så kan det vara aktuellt som förbindelse i långdistansnätet, mot NORDUnet, eller för kunder med speciella behov.

2.2 Tillgänglighet

Generellt kan konstateras att, tack vare den redundanta uppbyggnaden av nätet, så är tillgängligheten för organisationer som är dubbelt anslutna (dvs. är anslutna till både det röda och det gröna nätet) god. I händelse av fel på den ena förbindelsen så flyttar trafiken över till den andra på relativt kort tid. Beroende på anslutningsätt mm så är normal omslagstid i spannet 0,1-15 sekunder.

SUNET har under det senaste decenniet aldrig drabbats av ett totalavbrott omfattande samtliga anslutna. Endast vid några fåtal tillfällen så har någon enskild organisation blivit totalt avskuren under en kortare tid (mindre än en timme). Orsaken till detta har varit varierande, t.ex. kabelbrott, utrustningsfel, programvarufel mm.

För de icke-redundant anslutna kunderna är däremot totalavbrott vanligare. Speciellt för de som är anslutna ute i landet kan man räkna med ett antal totalavbrott på många timmar, (eller i värsta fall till och med dygn) per år. Orsaken till detta är naturligtvis att ju längre bort från centralnoden man befinner sig så är sannolikheten till kabelbrott, utrustningsfel etc. större. Om en stor fiberkabel blir avgrävd så kan det i många fall ta 18-24 timmar att laga ett sådant fel.

2.2.1 Förbättring av tillgängligheten?

Vi bedömer att tillgängligheten i dagens OptoSunet är tillräcklig för de användningsområden vi kan förutse idag. Detta gäller för de organisationer som är anslutna med två förbindelser.

Vi rekommenderar SUNET att för framtiden så bör anslutna organisationer uppmuntras att anslutas redundant, och likaså bör SUNET söka vägar att uppnå så god redundans som möjligt även för mindre organisationer ute i landet.

Det finns dock vissa punkter i nätet som är känsliga för störningar, framförallt när det gäller strömförsörjningen. Även om fibervägar och utrustning är dubblerad överallt så finns det några förstärkarstationer i nätet där ”röd” och ”grön” utrustning står i samma lokal. Utrustningen är kopplad till batteribankar i lokalen, men om reservkraftaggregat (t.ex. dieselgenerator) saknas så kommer ett längre strömavbrott på orten (t.ex. vid oväder etc.) att drabba bakomliggande noder. Detta gäller även avlämningen till högskolorna, eftersom utrustningen för detta ofta står i en centralt placerad lokal på den aktuella orten. Där finns det oftast reservkraftaggregat installerat, men det finns undantag även till detta.

Vi rekommenderar SUNET att göra en inventering av vad ett långt strömavbrott på olika ställen kan få för konsekvenser för enskilda organisationer.

2.3 Dynamisk förbindelseetablering

När en användare kräver mer bandbredd mellan två punkter än det vanliga IP nätet har möjlighet att ge, kan lösningen vara att sätta upp en punkt-till-punkt förbindelse. Att sätta upp en sådan förbindelse över flera domäner/organisationer kan vara komplicerat och ta lång tid. Det gäller först att hitta domäner som kan sättas samman för att skapa en förbindelse och sedan ska de fysiskt kopplas ihop och konfigureras. Om den sedan bara ska användas för en kort tid kan det bli en väldigt kostsam förbindelse. Dynamisk förbindelseetablering är tänkt att förenkla uppsättningen av sådana förbindelser och endast ha dem konfigurerade när de behövs. Användare får fråga en funktion i nätet efter en förbindelse och nätet talar sedan om det kan leverera önskad bandbredd vid den tidpunkt som efterfrågas.

Det finns flera system för att sätta upp förbindelser i en domän, till exempel *Oscars*, *Dragon* och *Autobahn*. Dessa system fungerar som ett överliggande lager som konfigurerar den fysiska hårdvaran. Förfrågan mellan domäner kan ske med protokollet *IDC*.

Skapar detta då mera bandbredd? Svaret är nej, men det är ett sätt att fördela bandbredd. Alla som vill medverka i dynamiskt etablerade nätverk måste välja mellan att bygga ett nytt separat nät för dynamiska förbindelser och därmed tillföra mer kapacitet till nätet eller att implementera det i sitt vanliga nät till exempel med hjälp av MPLS. I båda fallen kan man få ett högre utnyttjande av kapaciteten i nätet jämfört med om man statiskt skulle ha provisionerat flera separata förbindelser, eftersom resurserna bara är reserverade när de ska användas och under övrig tid kan andra potentiellt använda dem. Hur man än väljer att implementera dynamiska förbindelser så måste man bygga upp speciella punkter där domänerna kan utbyta trafik för dynamiska förbindelser.

I SUNETs fall så skulle det gå att skapa dynamiska förbindelser i det vanliga produktionsnätet med hjälp av MPLS. För de högskolor där SUNET har Mx80 routrar skulle några av 1GE portarna på dessa routrar kunna reserveras för terminering av

dynamiska förbindelser. För de med bara en 1GE anslutning kan de dynamiska förbindelserna termineras som VLAN om det finns tillräcklig bandbredd över för detta. Om det inte gör det så måste det byggas nya förbindelser till Stockholm där den dynamiska förbindelsen kan termineras på en port i en core-router, men då faller vinsten med samutnyttjande av bandbredd bort.

Hittills har intresset för sådana här dynamiska förbindelser från SUNETs användare varit obefintligt. Det pratas dock en del om det i andra länder, framförallt där nätet inte har den utbyggnad och kapacitet som vi har i Skandinavien. Vid vårt besök hos Cenic i Kalifornien framkom att det även där är något som det pratas om, men där användarintresset är väldigt litet.

Vi rekommenderar SUNET att, om behovet av dynamiska förbindelser uppstår, skapar en koppling mot NORDUnet för överlämning av sådana förbindelser och internt i OptoSunet implementera dynamiska förbindelser med MPLS över det vanliga produktionsnätet.

3 Framtida infrastrukturutveckling

Vi har försökt att identifiera ett antal områden, som vi antar kan påverka framtida infrastruktur. Antingen för SUNETs långdistansnät eller för universitetens campusnät.

3.1 Användarnas ökade rörlighet / mobilitet

En sak som kommer att påverka oss väldigt mycket framöver tror vi är att användarna (både studenter och anställda) blir mer och mer rörliga. De kommer att kräva tillgång till samma tjänster oavsett om de sitter på sitt kontor, i caféet på campus, hemma, på tåget eller på ett hotellrum i Ottawa. Detta ställer allt större krav på VPN-funktioner och brandväggar.

Kraven på den mobila arbetsplatsen/utrustningen ökar också. Utbud av tjänster och funktioner ska vara lik den som man kan få med traditionella skrivbordsdatorer. Antalet enheter som är trådlösa verkar också öka i hög takt. Både studenter och anställda har ofta både mobiltelefon och laptop som ansluter mot trådlösa nätverk.

Vi tror att ”*The Martini Principle*”; **Anytime, Anyplace, Anywhere** kommer att vara viktig för de som planerar framtida tjänster för både studenter och anställda.

Idag ger dagens 3G-nät oftast för stor fördröjning för många tjänster, även om bandbredden skulle räcka till. WiFi och de kommande 4G-näten kommer att avhjälpa detta i viss mån. Många pratar idag om ”*Quality of User Experience*”, **QUE**, och menar att 1,5-2 Mbit/s per användare räcker gott för det mesta och de flesta, men vi kommer att använda den bandbredden nästan kontinuerligt, och inte bara stötvis som tidigare.

3.2 Identitetsfederationer (SWAMID, eduroam)

Digital identitet är ett samlingsbegrepp för teknologi och policy som rör identifiering av användare i IT-system. På senare år har digital identitet och användaradministration (*identity management* eller IDM) ofta identifierats som en kritisk del av en IT-arkitektur.

Federerad identitet (identitetsfederationer) är en viktig del av IDM, och gör det möjligt att dela identiteter mellan organisationer på ett kostnadseffektivt och säkert sätt.

De flesta identitetsfederationerna fokuserar på inloggning till webapplikationer och molntjänster. Här finns det flera exempel inom och utanför högskolesektorn. De flesta länder med ett utbyggt forskningsnät (NREN) har idag en forskningsfederation. I Sverige är det SWAMID, en tjänst inom SUNET, som fyller den rollen. Genom samverkan mellan de Nordiska länderna, och finansierat av Nordforsk, finns en gemensam sammanlänkning (kalmar2.org) av federationerna i de nordiska länderna.

Flera stora exempel på identitetsfederationer finns inom högskolesektorn där kombinationen av krav på låga kostnader och storskalig drift är gynnsamma för samverkan mellan organisationer.

Utanför högskolesektorn är identitetsfederationer vanliga inom diverse branchsektorer, t.ex. läkemedel/biomedicin samt flyg/rymd/försvarsindustri. Intresse finns även bland kommuner mm om att införa detta, något som borde uppmuntras - Om vi t.ex. kunde få

kommunerna att ha alla gymnasieelever i en identitetsfederation så skulle det potentiellt kunna underlätta antagningsarbetet vid högskolorna.

Eduroam, som är en federation för inloggning till trådlösa nät med 802.1x, är strategiskt viktig för högskolesektorn. Denna federation är idag global och innebär att en student eller anställd på (t.ex.) högskolan i Södertörn kan använda det trådlösa nätet på University of Auckland på ett säkert och enkelt sätt. Denna funktion är viktig eftersom många användare nyttjar inställningarna för eduroam även när man ansluter mot det trådlösa nätet på sitt eget lärosäte.

Vi rekommenderar SUNET att fortsätta understödja identitetsfederationer inom högskolesektorn (både inom och utom Sverige), men även verkar för att få en ännu bredare användning av detta i Sverige. Vi rekommenderar också lärosätena att i görligaste mån använda eduroam för all trådlös åtkomst till det lokala nätet.

3.3 MPLS Layer-2-tjänster

Det börjar komma situationer där lärosätena vill kunna expandera sitt campusnät utanför det primära campusområdet. Främst till andra lärosätens campus, men även till andra platser. Det finns några anledningar till det; Ett är att man vill ha en eller flera servrar placerad utanför lärosätets datahall som redundans för sin virtualiserade servermiljö. Problemet är att när man ska koppla samma fysiska maskiner för att bygga plattformen för virtualiserad hårdvara behöver detta ofta göras inom samma LAN. För att kunna göra detta måste man alltså förlänga LANet utanför Campus.

Ett annat skäl är att man har ansvaret för en utbildning som ligger på ett annat lärosätes campus, med datormiljö och nätverk. Man vill därför expandera sitt campusnät till det andra lärosätet för att kunna använda den miljö man har byggt upp hemma.

Det finns också situationer där man från ett lärosäte vill komma åt resurser som är lokala och begränsade till ett specifikt lärosäte. Ett annat exempel där den här sortens förbindelser kan vara aktuella är om eventuella molntjänster etableras som ”*Community cloud*” (se kapitlet om molntjänster) inom högskolesektorn.

SUNET har fram till idag levererat nät på IP-nivå och punkt-till-punkt (ptp)-förbindelser som fysiska förbindelser i våglängdsnätet. Alla ovanstående fall skulle gå att lösa med sådana förbindelser, eller med dedicerad L2VPN-utrustning som går över IP. Men det blir en relativt dyr lösning för den datamängd som kommer att skickas.

Genom att införa Layer-2 funktionalitet inom OptoSunet så kan man relativt lätt och till låg kostnad tillhandahålla ptp-förbindelser via det routade nätet. Eftersom kapaciteten i nätet är tilltagen för att nätet inte ska vara överbokat och utbyggnaden sker i steg om $n \cdot 1\text{GE}$ eller $n \cdot 10\text{GE}$ så finns det oftast utrymme för denna typ av trafik utan att överboka nätet. Därmed behöver man inte heller införa någon ytterligare komplexitet som t.ex. trafikprioritering, utan kan låta ptp-förbindelserna gå samma väg som IP-trafiken går.

Vi rekommenderar SUNET att ta fram en policy och en teknikmodell kring hur L2VPN-tjänster kan införas i nätet när och om behov uppstår.

3.4 Höghastighetsförbindelser

Troligen kommer det att inom 1-2 år komma önskemål om 100 Gbit/s i SUNETs DWDM-nät. Detta kommer med stor sannolikhet att kräva en modifiering av det optiska nätet förutom installation av 100G-utrustning. Vid en sådan omdesign bör man studera om man även ska förändra det routade nätet för att skapa några få regioner med lägre fördröjning mellan lärosätena, om trenden med att trafiken mellan lärosätena ökar fortsätter.

Vi rekommenderar SUNET att redan under 2012 starta en förstudie och eventuell pilotinstallation för att få erfarenhet inför en sannolik kommande 100G-utbyggnad.

3.5 Överföring av stora datamängder.

ESnet, Energy Science Network, i USA har tittat på problemet att forskare inte använder (och dessutom säger sig *inte kunna* använda) nätet i sin forskning. Det verkar ofta finnas behov att flytta stora datamängder mellan forskare på olika universitet. Men de flesta forskarna vet inte hur de ska göra och de som försöker lyckas sällan. Många har försökt men med fel verktyg och från felkonfigurerade datorer, och de har snart konstaterat att det inte fungerar att flytta stora mängder data och har därför gett upp. En del av problemet är att forskare inte är nätverkstekniker – och de eftersträvar inte heller att bli det. Så det hjälper inte med utbildning.

ESnet anser att man måste ge forskarna bättre tjänster och förutsättningar, inte bara ett bra nät. Det som verkar svårt är att flytta stora mängder av data över längre avstånd och genom universitets campusnät. Deras lösning på problemet är att skapa ett s.k. ”Science DMZ” som sitter i direkt anslutning till universitetets upplänk. DMZ består i det enklaste fallet endast av en kvalitetsswitch. På DMZ kan man då ansluta servrar och tjänster som behöver flytta mycket data. Genom att sätta DMZ i direkt anslutning till upplänken tar man bort alla problem som kan finnas internt i universitetsnäten, som t.ex. billiga switchar och brandväggar med dåliga buffrar. Maskinerna som producerar datat behöver inte sitta på DMZ, de kan ”studsa” datat via en bra server som sitter på DMZ. Eftersom det är mycket enklare att skicka data snabbt över korta avstånd och felsökningen av detta är inom en och samma domän så borde denna dataöverföring gå enkelt.

En tjänst som ESnet har är att man placerar en DTN, *Data Transfer Node*, på Science DMZ. DTN är en server som är trimmad för dataöverföringar på långa avstånd. Man flyttar helt enkelt data mellan olika sajter med hjälp av DTN-datorerna. På det sättet behöver forskarna inte hitta på något eget sätt att flytta data.

Vi rekommenderar SUNET att undersöka intresset bland forskarna kring bättre tjänster för överföring av stora datamängder och, om sådant intresse finns, medverka i ett par testinstallationer.

3.6 ”Grön” IT

Begreppet ”grön IT” innebär idag inte nödvändigtvis att man använder gröna energikällor utan att systemen är energieffektivare, dvs. kan göra mer per förbrukad energienhet. För dem som tillverkar nätverksutrustning är det watt per flyttad megabit som är intressant, och man jobbar hårt på att få ner dessa siffror. Funktioner som att stänga av kretsar och portar som inte används förekommer. Men incitamentet är inte bara att man vill bli grönare utan även att man har problem med att få bort värmen i sin mer och mer kompakta hårdvara.

Kostnaden för energi kan vara en stor del av den totala budgeten för ett nätverk. T.ex. så räknade ESnet med att 1 % av deras budget år 2008 gick till energi, vilket ökade till 6 % år 2011. För ett medelstort svenskt universitet är det nog inte orimligt att anta att kostnaden för ström och kyla enbart till servrar och nätverksutrustning idag är någonstans mellan 1,2–1,5 MSEK per år.

Hos många universitet och högskolor betalas el och kyla idag av en central enhet. Eftersom IT-avdelningen inte direkt betalar energiförbrukningen från datorer och nätverksutrustning så blir det ingen påverkan i deras budget om de skulle minska energiförbrukningen. I och med detta finns inget direkt incitament för en IT-avdelning att minska energiförbrukningen genom att t.ex. börja använda molntjänster, eftersom besparingen man gör inte sker på IT-budgeten. Det kan dock finnas andra orsaker som gör att man vill spara energi, som centrala budget- och miljömål. Ett annat scenario är om det kommer centrala direktiv på att spara energi i en eller annan form.

För att på ett smart sätt kunna minska sin energiförbrukning gäller det att först analysera den. I en datahall är det relativt enkelt att mäta energiförbrukningen för hela hallen och kanske även för varje enskilt rack eller server. Men det är kanske inte försvarbart att installera sådan utrustning för switchar i ett korskopplingsrum. Nyare, större routrar kan redan idag själva tala om vilken energi de förbrukar. Detta behövs även på enklare utrustning.

Om man kontinuerligt övervakar sin energiförbrukning så går det även att använda det för larmhantering och planering. En överbelastad säkring kan göra att ett helt datarack slås ut. En ökning i energiförbrukning på en enskild enhet kan tyda på att den är på väg att gå sönder eller att kylningen till den har blivit blockerad.

Planering och utfasning av gammal utrustning kan också underlättas om man har kontroll på sina energiförbrukare. En liten enkel 1U-server som glöms påslagen i en datahall förbrukar ca 1,5 MWh el och nästa lika mycket i kyla på ett år. Det ger en energikostnad av ca 2.000 kr per år. För en större router kan förbrukningen (och kostnaden) bli uppemot 10 gånger större.

Det finns idéer bland datacenterleverantörer om att utnyttja grönare energikällor, som att flytta hela beräknings- och datalagringcenter dit där det finns alternativa kraftkällor eller kylningsmetoder. Man flyttar data istället för energi. Det går åt energi att transportera och omforma energi. Kan man köra sina servrar på batteri så behöver man bara ladda batterierna och kan på så sätt utesluta en komplicerad och energikonsumerande del i en UPS. Om man tar detta ett steg längre och placerar sin datakraft där energin produceras t.ex. vid ett vind- eller vattenkraftverk eller en solcellsanläggning så behöver inte energin transformeras eller transporteras. Istället flyttas informationen dit där energin finns. Får man sedan applikationsutvecklarna att göra applikationer som klarar av att underliggande resurser försvinner så gör det inget att en eller några noder av många försvinner.

Vi rekommenderar SUNET och lärosätena att i görligaste mån försöka ta reda på sina totala energikostnader, och använda dessa i sin framtida planering.

4 Universitetens campusnät (både fast och trådlöst)

4.1 Vi ser ett antal trender för Campusnäten:

- Kontrollera användare, inte enheter
- Ökad rörlighet/ökad användning av trådlös kommunikation
- Ökad spridning i antalet typer av anslutna enheter
- Krav på tillgängligheten ökar (24*7*365)

4.2 Användaren, inte utrustning eller plats är det centrala.

I ett framtida campusnät kommer det vara **användaren** som är den viktiga aspekten på hur nätet beter sig (t.ex. med avseende på tillgång och kvalitet), det kommer inte att vara var användaren befinner sig, är ansluten eller hur anslutningen sker. Då användarna i allt större utsträckning kommer att vara rörliga kan knappast administrationen av åtkomsten ske manuellt, utan måste rimligtvis göras med automatik. Det behöver därför finnas funktionalitet som först tar reda på vilken användare det är som är ansluten på ett visst ställe i (eller till och med utanför) nätet och sedan trycker ut konfiguration i nätet baserat på detta. Det är också viktigt att tänka på att även servrar i framtiden, i och med virtualiseringen, kommer att kunna flytta på sig med kort varsel. Även här behövs motsvarande automatisering av tillgångsregler etc.

Sätten att ta reda på vem som är ansluten på ett visst ställe i nätet kan variera, det finns standardiserade metoder som IEEE 802.1x, men vi kommer förmodligen att se även andra metoder. Allt från de som kräver en speciell agent installerad på enheten som ansluts, till de som avlyssnar trafik för att avgöra vem som är ansluten och i enklaste fall någon form av portal där användaren får logga på.

Baserat på vem det är som är ansluten och den eller de roller den personen är tilldelad trycker sedan systemet ut konfiguration till de olika nätelementen. Det kan vara saker som VLAN-tilldelning, QoS och accesskontrollistor. Idag får vi räkna med att möjligheterna att automatiskt konfigurera nätelementen är leverantörsspecifik men det pågår arbete för att standardisera detta (IF-MAP inom *Trusted Computing Group/Trusted Network Connect*).

Även om det är användarens identitet/roll som i huvudsak avgör den konfiguration som trycks ut, kan man tänka sig att även saker som var och med vilken typ av enhet användaren är ansluten påverkar de reglerna. Man kan t.ex. tänka sig att för åtkomst till vissa system krävs både att man sitter i nätet på ett visst ställe plus att man är ansluten via en godkänd enhet.

För vissa typer av känsliga data (medicinska forskningsdata, patenterbara saker mm) så kanske det inte heller räcker med att begränsa åtkomsten till datat i sig, man kanske måste ha begränsningar för olika användare ned på enskilda poster i datat. Även här så är just användarens identitet och roll av avgörande betydelse.

4.3 Tillgång från många och olika enheter.

Vi kommer att få räkna med att användarna tar med sina egna enheter (*Bring Your Own Device* - BYOD) så både nätet och applikationer måste klara av att hantera denna mångfald. Vi kan inte räkna med standardisering på varken enhetstyp eller webbläsare. Vi

kommer även att få räkna med att användarna har betydligt fler enheter än vad de har idag och vi måste också räkna med att dessa i allt större utsträckning är aktiva samtidigt. Vi måste tyvärr också räkna med att många av dessa enheter kommer att ha sämre radiokretsar och antenner, till viss del beroende på problem med att få plats med antenner i allt mindre enheter men också beroende på prispress och att man vill ha bättre batteritider, allt detta kommer att leda till ökade krav för att skapa bra täckning i det trådlösa nätet.

Den ökade mobiliteten kommer att göra att det vanliga fasta nätet på campus delvis får ändrad betydelse, vi kommer att se ett minskat behov av fasta anslutningar till skrivbordet. Vi kommer dock istället att behöva det fasta nätet för att ansluta ett ökande antal accesspunkter etc. Någoting vi hört diskuteras som produktidé (även om det inte finns som färdig produkt idag) är väldigt små, effektsnåla basstationer som ansluts i nätverksuttaget i ett rum, och som skulle agera som ”wireless cable” för närområdet (i stort sett en sådan per rum). En sådan skulle fjärrkonfigureras per automatik och strömförsörjas via nätverkskabeln.

Vi kommer även att få se hastigheterna i det trådlösa nätet gå upp, Den kommande standarden IEEE 802.11ac kommer att kunna ge prestanda i gigabit-klass inom ett drygt år. Även detta kommer att ställa högre krav på hur och var vi placerar de trådlösa accesspunkterna.

Vi rekommenderar lärosätena att förbereda sina campusnät för stor flexibilitet och förbereda sina trådlösa nät för ökad användning, också från enheter med sämre radiodel. Ha också i åtanke att IT-systemen inte kan vara bundna till att användaren har en viss webbläsare etc.

4.4 Nätverket på campus.

Som vi konstaterat ovan så kommer antagligen de flesta användare att mer och mer använda sig av trådlös uppkoppling i framtiden, även när de är vid sin normala arbetsplats. Undantag till detta finns naturligtvis, framförallt till de som har behov av lite större bandbredd, t.ex. för beräkningar eller stora datamängder. Det centrala nätet på campus kommer nog inte att belastas mindre bara för detta. Skillnaden blir nog framförallt hur bandbredden levereras de sista metrarna fram till användarna.

När det gäller servrar i datacentret så ser vi en trend i att man där börjar titta på att använda 40 Gbit Ethernet (40GE) till serverna, eller ännu vanligare till de ”*top-of-rack*”-switchar som monteras i varje serverskåp. Även om 100GE idag finns framme som produkt så är det inte prisvärt idag, och för anslutning till en enskild server så är det svårt eller nästan omöjligt att med dagens PC-arkitektur utnyttja en 100G-förbindelse, varför även det är ett skäl till varför 40GE kommer att vara det som används i datacentret under de närmaste åren.

För universitetens koppling mot SUNET så har vi ovan konstaterat att 10GE eller multiplar därav kommer att vara det som används under de kommande 3-4 åren, men därefter kan man anta att 100GE har blivit mer prisvärt. Om det blir aktuellt för något av de större universiteten att uppgradera sin centrala nätverksutrustning så kan det alltså vara bra att redan nu åtminstone ställa frågor kring en eventuellt kommande 100G-koppling.

Idag är det få universitet eller högskolor som har dygnet-runt övervakning av sina nät och centrala tjänster. I och med det allt ökande kravet från slutanvändarna på tillgänglighet dygnet runt så är det också bra om lärosätena gjorde en översyn av redundans och

strömmatning för att se om man kan öka tillgängligheten. Redundans ställer dessutom ibland mindre krav på snabb åtgärd och minskar effekterna av planerade driftstopp.

Dessutom kan man fråga sig om det duger att inte ha åtminstone tillgänglighetsövervakning mer än bara under kontorstid? Här kanske SUNET kunde spela en roll i och med att man (via NUNOC/NORDUnet) sköter övervakning av stomnätet. Dilemmat är hur man då ska göra när man upptäcker ett fel som kräver man-på-plats? Positiva bieffekter av en sådan övervakning vore kanske att det blev lättare att göra SLA-sammanställningar som högskolan kan använda mot sina leverantörer, men också att man fick en uppfattning om hur nät/tjänster fungerar utifrån, inte bara att de fungerar inne på campus. Vi vet dock inte hur stort intresset är från lärosätena när det gäller detta, så vi avstår från att rekommendera något i dagsläget.

4.5 Fjärrinloggning och virtualiserad användarmiljö

Det finns en trend i att även virtualisera användarens datormiljö ("desktop"). Här finns det två olika varianter när det gäller Windows-plattformen. Många blandar ihop dessa och vet ibland inte att det är två olika. Det är viktigt att skilja dem åt, för de ger olika funktionalitet och har väsentligt olika kostnadsbild. Det finns inga riktigt bra svenska namn för de två varianterna, så vi använder de engelska termerna.

- a) "*Remote Desktop*". Här körs användarens Windows-inloggning på en server, som delar inställningar, program mm med många andra användare. Denna variant ger inte användarna så stor flexibilitet när det gäller valfrihet kring utseende, inställningar, installation av program mm. Eftersom alla program som ska köras måste installeras på servern så kan det finnas situationer där olika program skapar konflikter med varann. Fördelen är att man bara har en (eller ett fåtal) servrar att underhålla, patcha etc.
- b) "*VDI – Virtual Desktop Infrastructure*". Här körs varje användares inloggning på en separat, virtualiserad dator. Detta ger i stort sett samma användarupplevelse och möjligheter som om man hade en egen dator på skrivbordet. Den uppenbara nackdelen är kostnaden för licenser, hårdvara och administration eftersom detta ger många fler unika instanser av operativsystem mm.

Vi kan konstatera att man nog bara ska överväga VDI bara om man har en situation där man verkligen behöver det. *Remote Desktop* är oftast tillräckligt bra.

Användning av bl.a. fjärrinloggning ställer krav på låg fördröjning genom nätet. Datatrafiken från SUNETs kunder routas idag oftast via Stockholm, även om motparterna finns i samma region ute i landet. Det innebär att en användare kan få onödigt hög fördröjning vid kommunikation mellan högskolan och andra operatörer inom regionen. Detta kan förhindra att en fjärrinloggning går att använda på ett bra sätt. Sammantaget innebär detta att SUNET kan behöva ruta slutkundsnät mer distribuerat än vad som sker idag, om man har etablerad (eller kan etablera) peering med andra operatörer i regionen.

Vi rekommenderar SUNET att utreda och i förekommande fall genomföra förändringar i routingtopologin för att minska fördröjningarna i nätet gentemot andra operatörer.

5 ”Molntjänster” – Cloud computing

”Molnet” och molntjänster är något av det hetaste som finns i IT-branschen just nu, men vad det exakt innebär finns det många olika meningar om. Det som ofta brukar karaktärisera ett moln är följande nyckelord.

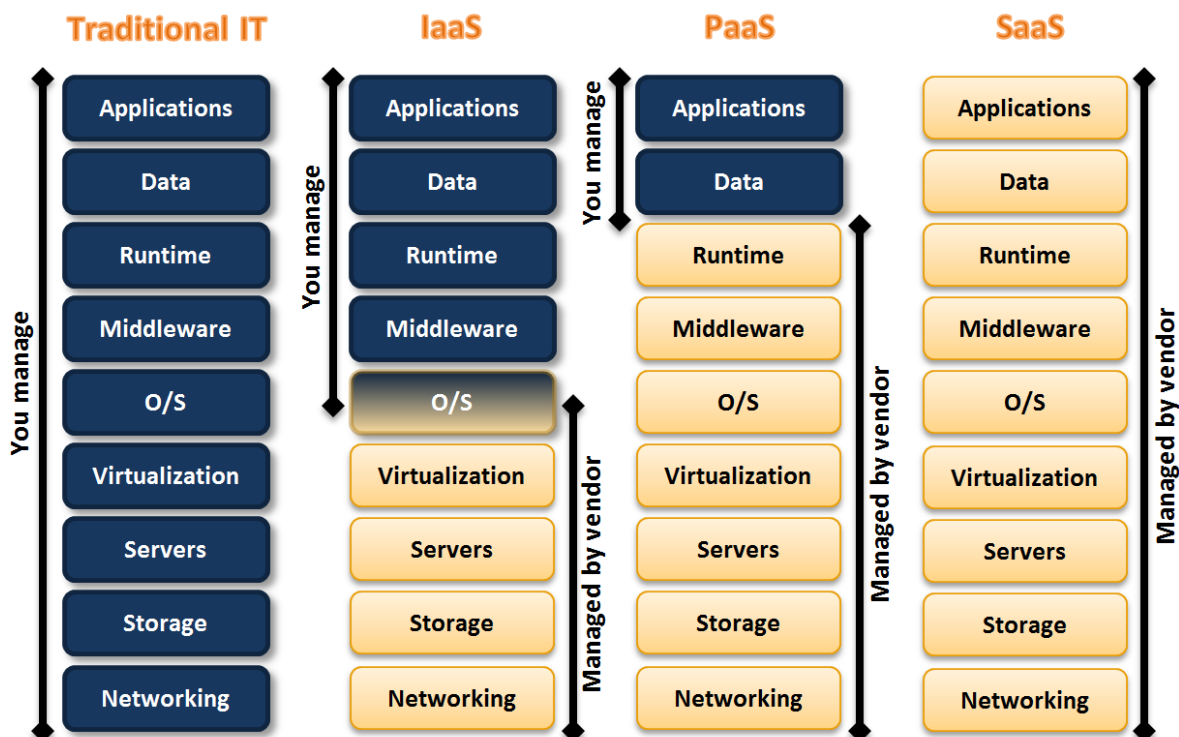
1. Flexibelt – Du kan enkelt förändra och forma dina tjänster efter behoven.
2. Skalbart – Kapaciteten i en molnplattform upplevs nästan som oändlig.
3. Diffust – Man vet inte vilken del av molnet som faktiskt exekverar koden i din tjänst.
4. Leverans över nätet – Molnet tillgängliggörs och tjänsterna levereras över nätet.

Man brukar ofta jämföra servervirtualisering med molntjänster, men virtualisering är egentligen bara en av egenskaperna hos molnet. Automatisering och mätning är också mycket viktiga grundkomponenter i en molnplattform. Utan automatisering blir det omöjligt att administrera plattformen, som ofta består av tiotusentals noder, och utan mätning av användningen blir det omöjligt att ta betalt för tjänsterna som levereras.

Molnet är minst lika mycket en affärsmodell som en teknisk plattform. Det är ett nytt sätt att ta betalt för högggradigt standardiserade och automatiserade tjänster, där brukaren har begränsade möjligheter att specialanpassa underliggande plattform.

Molntjänster brukar delas in i tre kategorier beroende på hur stor del av slutanvändartjänsten som administreras av leverantören:

- IaaS – Infrastructure as a Service
- PaaS – Platform as a Service
- SaaS – Software as a Service



Att använda sig av *Infrastructure as a Service* (IaaS) liknar i mångt och mycket att köra i sin egen virtualiserade hypervisor-miljö och man har fortfarande kvar ansvaret att patcha och underhålla sina servrars operativsystem etc. Nackdelen med att använda den kategorin av molntjänst är att man inte kan dra fördel av molnplattformens automatisering och stordriftsfördelar.

Vid användande av *Platform as a Service* (PaaS) slipper man hanteringen av server och operativsystem, men man måste å andra sidan specialanpassa sin applikation/tjänst till den "runtime" som molnleverantören tillhandahåller, exempelvis *Microsoft Azure* eller *Google App Engine*.

Alternativet *Software as a Service* (SaaS) liknar i mångt och mycket det vi traditionellt kallar outsourcing. Man köper alltså en färdigpaketerad tjänst som helt hanteras av leverantören. Skillnaden mot traditionell outsourcing är att möjligheten till egna anpassningar av tjänsten ofta är mycket liten.

Man brukar prata om olika typer av moln:

- Private Cloud – Man har sitt eget datacenter, men har applicerat molnegenskaperna på det.
- Public Cloud – En leverantör tillhandahåller molntjänsterna till en massmarknad.
- Community Cloud – Flera organisationer delar infrastruktur och bygger ett moln tillsammans.
- Hybrid Cloud – Man låter delar av en tjänst finnas i ett publikt moln, men har fortfarande kvar andra delar av tjänsten i sitt eget datacenter, exempelvis lagring eller databaser.

Troligen kommer man i de flesta organisationer att använda sig av flera olika typer av molntjänster där gränsen mellan vad som körs i publika och privata moln på sikt blir diffusa. Så småningom tror många att vi, liknande Internet – som är nätverket av nätverk, kommer att få *The Intercloud*, alltså ett moln av moln.

5.1 Utmaningar vid migrering till molntjänster

5.1.1 Tekniska

Då enskilda komponenter i ett moln har relativt låg tillgänglighet måste applikationer anpassas för att köras på en molnplattform. Istället för att köra få instanser med hög tillgänglighet körs många instanser bakom en lastdelare.

För att man inte ska bli inlåst hos en leverantör behövs ett omfattande standardiseringsarbete inom många olika områden som exempelvis säkerhet, access/identitetsfederering, gränssnitt, dataimport-/export och management, automation/auditing etc. Utan standarder kommer det att bli mycket svårt att flytta sina molntjänster från en leverantör till en annan. Mer information om det standardiseringsarbete som pågår finns att hitta på <http://cloud-standards.org>.

5.1.2 Administrativa och ekonomiska

Idag är det en utmaning att försöka jämföra kostnaden mellan traditionell datacenterdrift och molntjänster. IT-avdelningen har i allmänhet inte brutit ner totalkostnaden för investeringar (servrar/lagring/nätverk/datorhall etc.), drift (personal, förvaltning, service/underhåll etc.) och förbrukning (el/kyla mm) för enskilda tjänster man levererar.

Detta gör det svårt att beräkna totalpriset för en tjänst levererad från det egna datacentret, vilket gör det svårt att jämföra med kostnaden för att migrera tjänsten till molnplattformen.

Som vi har beskrivit i kapitlet ”Grön IT” så är det på lärosätena också ofta så att kostnaden för el och kyla inte betalas av IT-avdelningen, vilket inte ger något incitament att göra besparingar där. Det är också svårt att beräkna personalkostnader för en enskild tjänst om inte tidsredovisning tillämpas i förvaltningen av IT-tjänsterna.

Vi rekommenderar lärosätena att förbereda sig inför beslut kring eventuella molntjänster genom att inte bara ta reda på sina kostnader för energi, utan även separera kostnaderna för investering, serverdrift, applikationsdrift etc.

5.1.3 Juridiska

Innan man kan börja använda publika molntjänster krävs att man utreder aktuella juridiska frågeställningar runt detta. Exempelvis måste både EU's datalagringsdirektiv och Personuppgiftslagen beaktas, men även Amerikansk lagstiftning, som exempelvis *Patriot Act* kan bli aktuell att förhålla sig till i vissa lägen.

5.2 Trender och slutsatser kring molntjänster

Det finns generellt ett mycket stort intresse för molntjänster, så även inom utbildningssektorn, vilket också vårt besök hos Kaliforniens forskningsnät, Cenic, bekräftade. Det är dock relativt få som ännu kommit till skott och börjat använda sig av den här sortens tjänster i någon större utsträckning. I Sverige har vi sett en tydlig trend att lärosätena börjat flytta ut studenternas E-post i molnet (antingen i Googles eller i Microsofts molnplattformar). Det finns dessutom några lärosäten som tittar på att använda dessa tjänster för personalen. Just E-post är en tjänst som är relativt enkel att flytta ut i molnet.

Många lärosäten har också driften av vissa andra administrativa system utlokaliserade till extern leverantör, men då handlar det oftast om traditionell outsourcing av driften. När det gäller att använda sig av IaaS och PaaS i molnplattformarna upplevs nog fortfarande tröskeln för hög att komma igång och bristen på standardisering gör det riskabelt att investera i dessa tekniker ännu. Det är nog också väldigt få, om ens något, av de svenska lärosätena som har några tjänster i sin administrativa IT-tjänsteflora som kräver den skalbarhet som molnplattformen erbjuder. Möjligen skulle de nationella systemen, som exempelvis Ladok eller NyA, vars last är både hög och säsongsvarierad, kunna vara kandidater att migrera till molnet.

Områden där det också kunde vara intressanta att utnyttja molntjänsternas skalbarhet är inom forskningen, för storskaliga beräkningar, där man kunde tänka sig att spilla över till molnet från superdatorcentrumen, eller helt flytta visa typer av beräkningar till en molnplattform. Möjligen skulle man kunna tänka sig att applicera molnegenskaperna på befintliga beräkningskluster för att göra dem mer automatiserade och tillgängliga.

6 Övrigt

Under arbetets gång så har även vi noterat ett antal andra intressanta och aktuella områden som vi vill belysa i rapporten.

6.1 IPv6

De stora internationella Internetoperatörerna (Internet Service Provider, ISP) och även nästan alla ISP:er i Sverige har sedan länge haft IPv6 i sitt ryggradsnät, men utbyggnaden av IPv6 till slutanvändarna har gått långsamt. Detsamma gäller för SUNET:s kunder där de största har IPv6 i de centrala delarna av nätet och har några tjänster på både IPv4 och IPv6, men väldigt få har slagit på IPv6 i accessnäten. De som levererar Moln-tjänster verkar dock ofta inte ha insett vikten av IPv6, och stödet är ytterst begränsat – om det ens existerar, speciellt för ”*Software as a Service*”.

Snart finns det inga IPv4-adresser kvar att dela ut, och det största problemet som uppstår när IPv4-adresserna tar slut är att nya operatörer inte kan få några adresser till sina tjänster och adressöversättningsenheter (NAT-boxar). Har man inga IPv4-adresser så har man inga adresser till utsidan av sin s.k. Carrier Grade NAT (CGN)-enhet, och kan därför inte leverera någon IPv4-tjänst alls. När utrymmet minskar så kommer en del ISP:er att börja dela en IPv4-adress mellan flera kunder med hjälp av CGN-lösningar. Detta gör att användarnas möjlighet att i hemmet ha tjänster som går att nå utifrån begränsas. IPv6 blir då enda sättet att få en publik adress i hemmet. Detsamma kommer att gälla när nästa generations mobilnät (LTE/4G) börjar ta fart, eftersom IPv6 troligen blir ett naturligt inslag där.

SUNET och dess kunder förfogar idag över ca 1 miljon IPv4-adresser. Med tanke på att Sveriges universitet har cirka en halv miljon studenter och kanske 50.000 övriga användare, så är det inte ens 2 IP-adresser per person! Till det kommer användning av IP-adresser för servrar, skrivare mm. Än så länge räcker det, och förhoppningsvis kommer IPv6 att ta fart snabbt nog så att SUNET inte behöver tillhandahålla en CGN-funktion. Att få signifikant fler IPv4-adresser nu är som sagt omöjligt.

Eftersom översättningsfunktioner som Teredo och 6to4 i stort sett är trasiga så är det enda sättet att nå den publika IPv6-adressen i hemmet eller i mobilnätet att ha en riktig IPv6-adress på sin klient. Vilket gör att det blir viktigare att ha IPv6 i sitt accessnät än på sina servrar. Det finns också en viss risk att det implementeras dåliga NAT-lösningar för IPv4 vilket kan innebära att det går snabbare att överföra saker på IPv6.

Vi rekommenderar SUNET att undersöka i vilken mån man kan stötta lärosätena i det fortsätta införandet av IPv6.

6.2 Analys av trafikflöden

Analys av trafikflödena till lärosätena är något som idag inte görs i någon ordnad form. Vi anser att det finns ett behov av ett flexibelt verktyg som kan ge rådata till dem som vill analysera själva och som kan ge analyser till dem som inte har den egna resurser. Ett dylikt verktyg skulle kunna vara till stöd vid nätplanering men också vid felsökning vid plötsliga trafikförändringar. Det borde även vara möjligt att skapa en baslinje för trafiken, och få larm när trafikmönstren ändras.

Vi rekommenderar SUNET att undersöka möjligheten att införa en tjänst som gör det möjligt för lärosätena att göra analyser av sina trafikflöden.

6.3 Koppling mot mobilnätoperatörer för datatrafik.

En intressant frågeställning är om mobiltelefonoperatörerna är intresserade av att göra "off-load" av sin datatrafik (ej telefoni) till lärosätenas trådlösa nät. Tekniken börjar komma, den är kanske inte riktigt mogen ännu, och det kommer att krävas en modell som använder SIM-kortet som autentiseringsmetod (EAP-SIM), ingen manuell konfiguration ska behövas. Frågan är dock om det finns en affärsmodell som kan göra det intressant för bägge parter?

Det finns några tänkbara scenarier kring en eventuell samverkan med mobiloperatörerna. En variant är om Sunet-användarna skulle kunna få tillgång till operatörernas trådlösa nät (t.ex. *Homerun*, *The Cloud* etc.) mot att operatörerna får tillgång till högskolornas WiFi-nät. Den andra varianten vore om SUNET skulle bli dataleverantör i mobilnäten, t.ex. genom att man skapar ett APN (Access Point Name) med tillhörande autentisering, som är tillgänglig från åtminstone de större mobiloperatörerna. En av nackdelarna med den senare är att inställningar för detta måste göras på varje mobil enhet som ska använda den lösningen, och att det då kanske inte fungerar alls när man åker utomlands. Än så länge så bedömer vi inte att varken tekniken eller marknaden är riktigt mogen.

Vi rekommenderar SUNET att följa utvecklingen inom mobildataområdet för att se om tekniken mognar och hur en eventuell affärsmodell skulle kunna se ut.

7 Blandade iakttagelser

Vi tror att det är viktigt att SUNET i framtiden inte bara levererar grundläggande nätverksförbindelser och –tjänster, utan istället även kan flytta uppåt i värdekedjan och (förutom bastjänsterna man levererar idag) börja leverera fler universitetsrelaterade tjänster. Antingen i egen regi eller som förmedlare av tjänster från andra tillhandahållare. För det kommer det att behövas en delvis ny organisationsmodell för SUNET-verksamheten.

Vi tror att forskningsnät som agerar på det viset i framtiden kan visa sig vara en viktig ekonomisk tillväxtfaktor, inte bara för universitet och högskolor, men även för närliggande industrier och näringsgrenar.

Det blir därigenom allt viktigare för SUNET att ta fram nya tjänster, men också att anamma nya tjänster som växer upp på Internet och som blir populära bland användarna.

Den uppväxande generationen ungdomar tar till sig ny teknik väldigt snabbt, och kommer att vilja använda denna (vare sig vi tillhandahåller den eller inte) när de kommer som studenter till universitet och högskolor framöver. Här vill vi till exempel peka på *Connected World Technology Report* från september 2011. Denna rapport är en intressant läsning om hur både studenter och ”unga anställda” ser på teknik av idag. Till exempel säger många i undersökningen att deras mobila enhet är den mest viktiga teknologin i deras liv och att två av fem studenter inte har köpt någon fysisk bok (förutom läroböcker) de senaste 5 åren. Rapporten kan hämtas här:

<http://www.cisco.com/en/US/solutions/ns341/ns525/ns537/ns705/ns1120/CCWTR-Chapter1-Report.pdf>

Det är också viktigt att de tjänster som levereras väljs på ett sådant sätt att de stödjer pedagogiken och dess utveckling så att inte undervisningen hämmas av tekniken utan istället kan utvecklas med hjälp av teknik.

Under vår studieresa så har vi erfarit att det i både USA och Europa är en trend att forskningsnäten också mer och mer börjar agera som nätverksoperatör för den publika sektorn i landet (Public Sector Network, PSN). Man använder även på en del ställen det nationella forskningsnätet som anslutningspunkter för utbyggnad av regionnät i områden med dålig nät-tillgång. Inget av detta är något som vi i gruppen ser som aktuellt i Sverige idag, men det kan vara bra att känna till att detta är på väg att hända i vår omgivning. Rent tekniskt sett skulle nog SUNETs nät idag klara av en sådan sak, men vi ser inte att den politiska viljan/intresset för att göra något sådant finns.

”All the great things are simple”

– Albert Einstein

”It is far more difficult to be simple than to be complicated”

– John Ruskin

8 Slutord

En sak som kommer att påverka oss väldigt mycket framöver tror vi är att användarna (både studenter och anställda) blir mer och mer rörliga och mobila när det gäller deras användning av IT-systemen. Både på campus, men även utanför. Detta kommer att ställa större och större krav på automatisering av t.ex. säkerhetsregler etc. Vi kan inte längre basera säkerheten på att om man är ansluten till ett visst nätverksuttag på campus så har man en viss behörighet. Genom tekniken att virtualisera servrar och tjänster så kommer vi även att behöva anpassa oss till det faktum att inte bara personer är rörliga i framtiden, även servrarna kommer att vara det. Denna rörlighet kommer att ställa än större krav på de trådlösa näten på campus, men även utanför.

Även identitetshantering kommer att bli än mer viktigt framöver. Både hanteringen i sig, men även att sträva efter att fler och fler applikationer kan använda sig av de federerade identiteter (se separat text) som vi kan erhålla genom SWAMID-samarbetet.

SUNETs optiska stomnät, OptoSunet, bedömer vi kommer att klara av de krav som ställs under de kommande 5 åren, men en komplettering för att klara kommande krav på 100 Gbit/s-förbindelser kommer antagligen att behövas på några ställen. När det gäller routingstrukturen så kan det vara värt att på några ställen utanför Stockholm installera routrar för att förbättra redundansen och få ned fördröjningen för kunder i regionen.

Man kan tycka att vi har gott om IP-adresser inom universitetssverige idag. Men när man räknar om det till att vi faktiskt bara har färre än två IP-adresser per person så inser man att övergången till IPv6 är viktig, och att den borde påskyndas på universiteten, både för att man ska kunna nå ut, men även för att kunna bli nådd. Det är också viktigt av det skälet att om man kan genomföra en övergång till IPv6 ”på riktigt” så slipper man göra investeringar i dyrbara, kortsiktiga, och inte särskilt bra översättningsfunktioner.

Att det finns ett mycket stort intresse för molntjänster är helt klart. Många är dock fortfarande osäkra på vad molnet egentligen är och vilka tjänster som lämpar sig för det. En sak som vi lärde oss under vår studieresa är att det nog också väldigt få, om ens något, av de svenska lärosätena som har några tjänster i sin administrativa IT-tjänsteflora som kräver den skalbarhet som molnplattformen erbjuder.