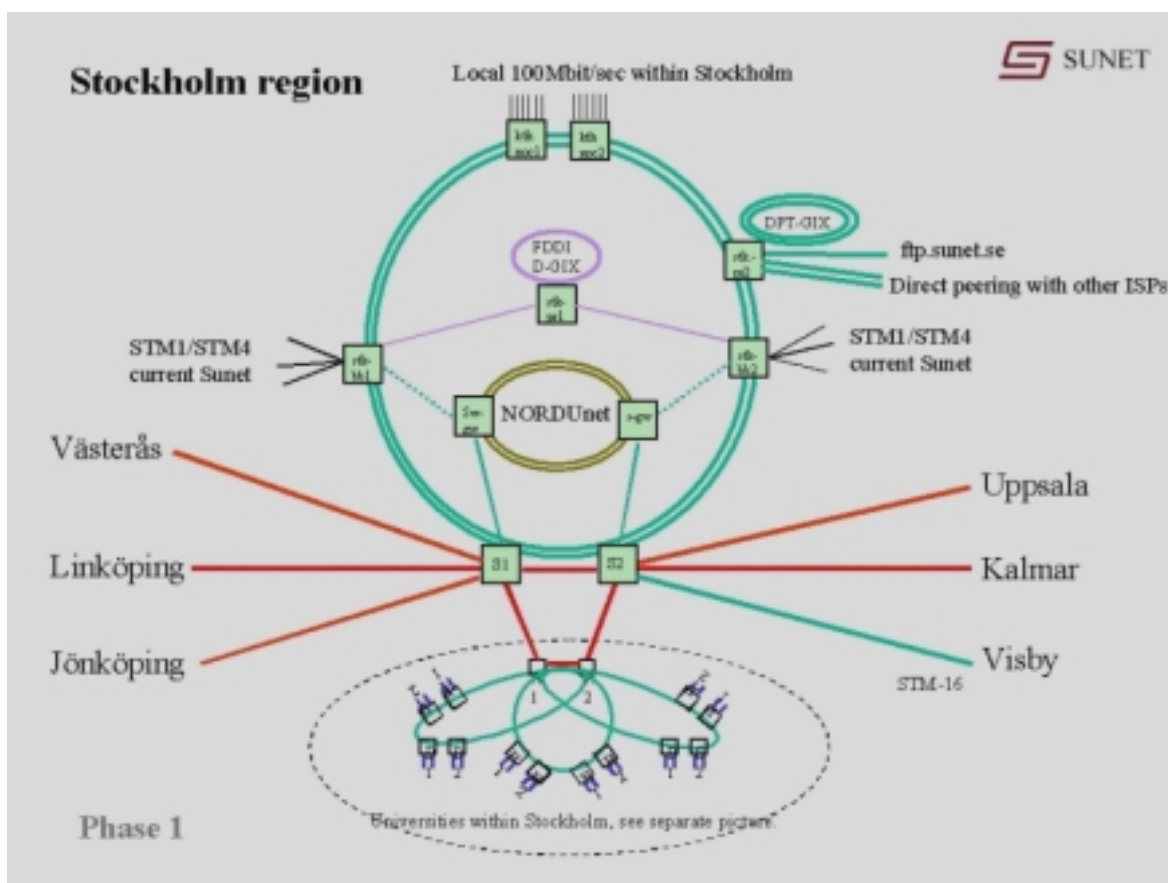


Utvecklingsalternativ för SUNET

Rapport till Vetenskapsrådet



Februari 2002

Sammanfattning

SUNETs investeringsbehov för perioden 2002-2005 är väl kartlagt och bestäms av redan träffade avtal om leverans av utrustning för det Gigabit/s-nät, Gigasunet, som byggs upp i tre etapper under 2002.

Trafikutvecklingen inom Internet är svårbedömd men det förefaller rimligt att Gigasunet skall vara tillräckligt för högskolornas behov under den närmaste fyraårsperioden.

Kostnaderna för SUNET består av till övervägande del av hyra av förbindelser inom Sverige enligt långsiktiga avtal, avgifter till NORDUnet för internationella förbindelser, amorteringar och räntor avseende den utrustning som krävs i nätet samt avgifter för underhåll av utrustningen.

Kostnadsutvecklingen under perioden 2002-2005 innebär att SUNET går från en kostnadsnivå om drygt 150 Mkr år 2002 till en nivå närmare 200 Mkr med en topp år 2004 då kostnaden beräknas bli 210 Mkr.

Kapacitetsutvecklingen har varit sådan att SUNET hösten 2001 hade ett nät som var otillräckligt för vissa högskolors behov och som vid en internationell jämförelse inte kunde mäta sig med kapaciteten hos näten i de mest avancerade länderna. Med Gigasunet får dock de svenska högskolorna åter ett nät i internationell toppklass som de första åren mer än väl kommer att svara mot behoven. Stor omsorg har ägnats åt teknikvalet för att kunna bygga ett så framtidssäkert nät som möjligt.

Finansieringen av SUNET är en för högskolorna viktig fråga. Det är angeläget att basfinansieringen genom anslaget till SUNET hamnar på en högre nivå för att bättre balansera de avgifter som universitet och högskolor betalar. Vidare bör undersökas om en komponent som baseras på trafikmängderna till/från respektive högskola kan införas som grund för de avgifter högskolorna betalar.

Alternativ för utvecklingen av SUNET

Innehåll

Sammanfattning	sid 2
Bakgrund	sid 4
Aktuell situation	sid 5
Anpassning till trafikutveckling	sid 5
Konsekvenser av trafikutvecklingen	sid 7
SUNET och högskolornas behov	sid 9
Internationell utblick	sid 11
Teknikalternativ	sid 12
Finansiering av en utbyggnad	sid 14
SUNET-anslutning kontra kommersiella alternativ	sid 15
Kostnader för SUNET	sid 15
Budgetunderlag	sid 18
Finansieringsalternativ	sid 19
Principer för uttag av avgifter till SUNET	sid 20
Alternativ till Gigasunet	sid 22
Förklaringar till förkortningar och facktermer	sid 24

1. Bakgrund

Regeringen har i prop 2001/02:1 framhållit att det är viktigt att de organisationer som utnyttjar SUNET också i framtiden får tillgång till datakommunikation och informationshantering som svarar mot "behoven inom forskning och administration". Förmodligen menar man också att utbildningens behov skall tillgodoses även om utbildningen inte nämns i propositionen.

Regeringen konstaterar att detta på sikt förutsätter en fortsatt utbyggnad av Sunets kapacitet. En sådan har också inletts av SUNET¹ genom Gigasunetprojektet. Regeringen har dock bedömt att den inte fått tillräckligt med underlag för att kunna öka anslaget till SUNET för att finansiera nästa steg i en utbyggnad av Sunet till Gigabit/s-kapacitet. "Olika alternativ för att tekniskt och finansiellt hantera en utbyggnad samt lärosätenas behov och önskemål i förhållande till olika alternativ behöver kartläggas", heter det i propositionen.

Därmed tillkännager regeringen sin avsikt att uppdra åt Vetenskapsrådet att utreda den framtida utvecklingen av SUNET.

Vetenskapsrådets styrelse har vid sitt sammanträde den 3 oktober 2001 uppdragit åt SUNETs styrelse att ge underlag för en sådan utredning. Uppdraget skall fullgöras i huvudsaklig överensstämmelse med vad som anges i prop 2001/02:1, utgiftsområde 16, sid 262.

I regleringsbrevet för Vetenskapsrådet 2002 konkretiseras uppdraget från Regeringen:

Vetenskapsrådet skall senast den 1 mars 2002 lämna ett underlag som beskriver konsekvenserna av den av rådet beslutade och planerade utvecklingen av universitetsdatanätet SUNET. Underlaget skall omfatta åren 2002-2005 och belysa olika alternativ för utvecklingen av Sunet med avseende på investeringsbehov, kostnader och kapacitet

¹ Med SUNET (med stora bokstäver) avses i det följande SUNET som organisation. Med små bokstäver skrivs Sunet när själva det nuvarande datanätet åsyftas. Analogt skrivs också Gigasunet (som betecknar nästa generations nät) med små bokstäver.

2. Aktuell situation

SUNETs styrelse har påbörjat en utbyggnad till Gigabit/s-kapacitet av skäl som redovisas i det följande. SUNET följer en plan med utbyggnad i tre steg: Fjorton lärosäten (på 8 orter) får tillgång till Gigabit/s-kapacitet fr o m januari 2002 och ytterligare elva (på 10 orter) fr o m april 2002. Mot slutet av 2002 kommer enligt SUNETs planer samtliga lärosäten att ha anslutits till det nya Gigabit/s-nätet och det nuvarande 155/622 Mbit/s-nätet kommer att avvecklas.

Att en uppgradering förr eller senare skulle bli nödvändig har det länge rått stor medvetenhet om. I den s k forskningspropositionen (2000/2001:3) heter det t ex: "SUNET:s nuvarande kapacitet är tillräcklig, för dagens behov, men i takt med den ökande användningen ökar också behovet av ett nät med högre kapacitet." I samma proposition sägs också att SUNET bör "även i framtiden tillförsäkras resurser för att bygga ut datanätet i rimlig takt."

Vad som är "rimlig takt" avgörs till stor del av trafikutvecklingen i nätet.

3. Anpassning till trafikutveckling

Dimensionerande för kapaciteten i det datanät som universitet och högskolor behöver är volymen av den trafik som användningen ger upphov till. Den ökar när antalet användare ökar, när användningsgraden ökar, när användningsmönstret förändras i riktning mot att nyttjarna använder mer krävande applikationer och när den tekniska utvecklingen eller förbättrade campusnät ger varje användare möjlighet att sända och ta emot information i ett allt högre tempo. Trafikökningen hålls tillbaka av bl a flaskhalsar i form av överbelastade lokala nät, administrativa hinder för utnyttjande av datorer och tekniska begränsningar som omöjliggör användning av vissa tillämpningar (brandväggar m m).

Internets historia är historien om ett nät som blivit mycket större och mycket mer använt än pionjärerna i sin vildaste fantasi kunnat föreställa sig. Den explosionsartade utvecklingen av world wide web är det kanske hittills bästa exemplet på att antaganden om en lugn tillväxt snabbt kan bli omsprungna av verkligheten. Vi kan idag inte veta när nästa förändring i användningsmönstret inträffar – kanske kommer det ur dagens trend att användarna byter information direkt med varandra (peer to peer) i stället för att gå via centrala servrar att växa fram något som likt world wide web på kort tid helt kommer att förändra förutsättningarna för dagens trafikprognoser.

IT-kommissionen har som mål satt upp att varje användare bör ha tillgång till en Internetförbindelse med kapaciteten 5 Mbit/s till en månadskostnad som motsvarar ett busskort. Om motsvarande skall gälla för användarna inom ett universitet med tusentals anställda och ännu fler studerande kommer inte heller det nya nät som SUNET nu bygger upp att räcka till.

Under den senaste 20-årsperioden har trafiken i högskolornas datanät dock uppvisat en relativt lugn tillväxt motsvarande ungefär en fördubbling varje år. Det är denna tillväxttakt som SUNET planerat för i sin design av Gigasunet och - såvitt vi nu kan se - kommer

Gigasunet att klara av trafikökningen under den närmaste 4-årsperioden – med punktvisa förstärkningar där så krävs.

Ett annat scenario kunde vara att ökningstakten minskar, men det finns inga tecken på att trafikökningen tenderar att avta trots att datoriseringen av verksamheten inom högskolan nu nått en nivå där så gott som alla har tillgång till datorer. Fortfarande sker dock en tillväxt i antalet anslutna *datorer*, både fast och via radioLAN, eftersom ännu inte alla studenter *samtidigt* har tillgång till en dator.

Andra faktorer som att datorerna används mer och mer och att nya applikationer genererar mer trafik bidrar också till att kompensera för det faktum att tillväxten i antalet användare inte längre är lika stor.

I synnerhet de studerande använder datorer intensivt, vilket märks tydligt på de orter där man delat upp trafiken på ett universitetsnät respektive ett särskilt studentnät. Man bör då vara medveten om att en del av trafiken på ett studentnät inte har samband med studier utan är mer av underhållningskaraktär (byte av musikfiler med andra användare t ex).

Det hävdas ibland att detta är förklaringen till trycket på nuvarande förbindelser. Stickprov vid Luleå tekniska universitet har dock visat att 80 procent av trafiken från studenter är ”normal trafik”, dvs world wide web etc, och att man inte får överdriva betydelsen av Napster och andra musiksajter.

Samtidigt är det förmodligen så att det sätt att kommunicera peer to peer som Napster och dess efterföljare gjort populärt kommer att sprida sig till fler områden än musik och till fler användare än de som hittills prövat på tekniken. Framtidens universitetsanvändning kommer inte bara att handla om world wide web enligt dagens modell med överföring av text, bilder, ljud och video. Det kommer att ställas större krav på rörliga bilder med hög upplösning, snabb överföring av studiematerial som inte bara innehåller text och enkla bilder, möjlighet att hämta applikationer på nätet när de behövs (med snabb åtkomst kan nätet bli en säker förvaringsplats för det mesta), möjlighet att styra instrument i t ex ett laboratorium från den egna datorn med full visuell kontroll över vad som händer. Många av dessa nya tillämpningar är av s.k. real-tidskaraktär och ställer krav på att fördröjningarna i nätet är låga och konstanta. Inom program som Internet 2 pågår för närvarande en intensiv forskning och utveckling med syfte att få fram mer utvecklade applikationer som använder alla dessa element, samtidigt som man ställer krav på hög säkerhet. Populärt är i synnerhet det s k GRID-konceptet som på sikt kan leda fram till en ”world wide grid ” som ersätter/kompletterar dagens web.

Tillämpningar som kräver hög nätkapacitet är bl a tillämpningar som stöder flexibelt lärande/distansundervisning/nätbaserat lärande. Här kan man förvänta sig en stark utveckling genom de satsningar som nu görs inom detta område. Här kommer det att behövas tillämpningar för att i stor skala dubbelriktat distribuera rörliga bilder med ljud parallellt med överföring av stillbilder. Det nya nätuniversitetet kommer att ställa krav på såväl nätkapacitet och tillgänglighet som utveckling av tjänster, och SUNET följer framstegen inom området med stort intresse.

Ny teknik som webb-TV, videostreaming med hög kvalitet och tillämpningar som inte bara kräver mycket bandbredd utan kräver jämn tillgång till en viss bandbredd ställer nya krav på bandbreddstillgång liksom nya tillämpningar inom telemedicin, telediagnos, e-learning, olika slags videokonferenser, CAD/CAM, 3D och "virtual reality".

Det är också viktigt att påpeka att redan existerande tillämpningar *utnyttjar* nätet allt effektivare genom utvecklingen av maskinvaran och tekniken för lokala nät med access till Internet.

Högskolornas kommunikation med omvärlden sker alltmer med stöd av den infrastruktur som SUNET utgör och många högskolor har spelat en viktig roll i uppbyggnaden av regionala nät, regionala trafikutbytespunkter och annan infrastruktur som utnyttjas i det samarbete som brukar kallas Högskolans tredje uppgift.

Inom det kommersiella Internet - där datoriseringen ännu inte nått lika långt som inom högskolan - är tillväxten av användningen för närvarande något snabbare än inom högskolorna och bedöms motsvara minst en fördubbling var nionde månad. (Flera kommersiella ISP:er i USA hade fyra fördubblingar under år 2000.) När utvecklingen av nya tillämpningar inom Internet 2 och andra program som EuroGRID gett resultat kommer dock förmodligen tillväxten till att börja med vara starkast i de akademiska näten, som i många fall är med och driver projekten och har en utbyggd infrastruktur för att ta tillvara resultaten av dem.

Inom NORDUnet, som omfattar de akademiska näten i samtliga nordiska länder, gör man regelbundet prognoser för den internationella trafiken (förväntad ökning, starkare ökning och mindre ökning än väntat). Trenden långsiktigt för denna trafik har varit densamma som för SUNET - NORDUnet har alltså haft en fördubbling av trafiken varje år.

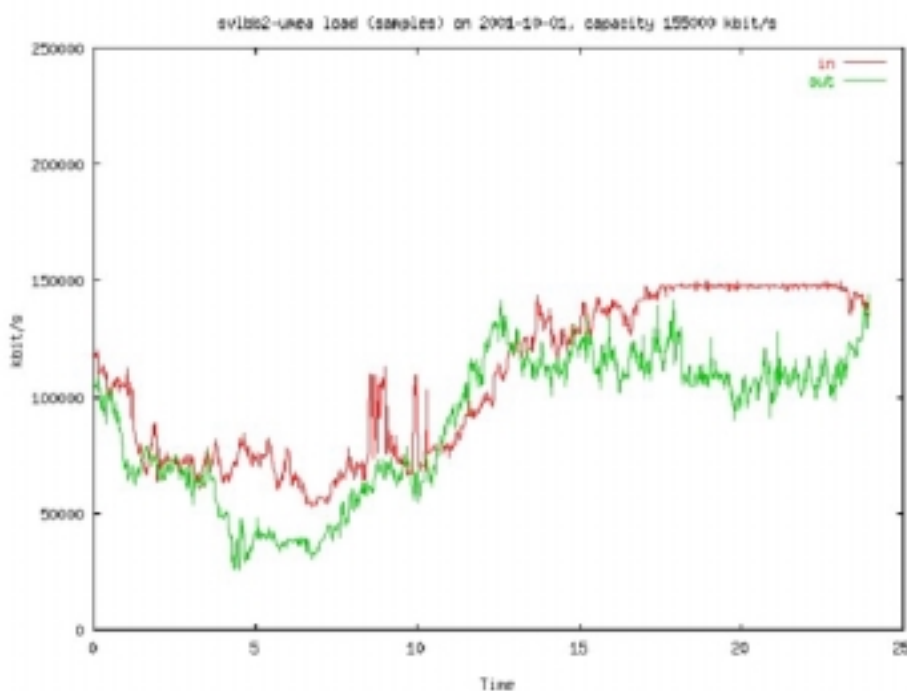
Den internationella trafiken utgör en mycket stor del av trafiken inom all användning av Internet och är för högskolorna extremt viktig genom forskningens internationella karaktär och utbildningens i många fall starkt internationella inriktning. Via NORDUnet har SUNET således dedicerade förbindelser till de amerikanska forskningsnäten med bl a utvecklingen inom Internet 2-konsortiet och olika GRID-experiment.

4. Konsekvenser av trafikutvecklingen

För att möta de behov som den kontinuerliga tillväxten (jämn eller explosiv) av trafiken skapar måste infrastrukturen anpassas så att den klarar av de högre volymerna och detta måste ske i så god tid att en ny infrastruktur finns tillgänglig när de första organisationerna når kapacitetstaket i den existerande infrastrukturen med snabbt försämrade prestanda som följd.

Eftersom man också måste räkna med att det tar tid att etablera en ny infrastruktur - den måste planeras, utredas, upphandlas, anskaffas och implementeras - går det inte att vänta tills man har en situation där den nuvarande infrastrukturen håller på att klappa ihop innan man investerar i en ny.

SUNET hade hösten 2001 en situation där universiteten i Lund, Luleå och Umeå samt Chalmers tekniska högskola behövde omedelbara förstärkningar. Ytterligare lärosäten skulle inom kort ha samma problem om inte beslutet om en förstärkning av infrastrukturen hade tagits.



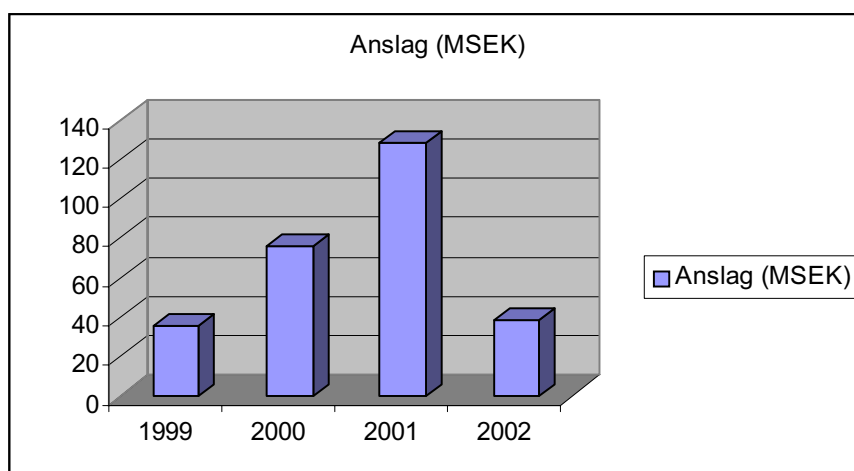
Ovanstående bild visar trafiken vid Umeå universitet till/från SUNET en dag i oktober 2001 sedan universitetet byggt bort flaskhalsar i det lokala nätet. Framåt eftermiddagen finns inte längre någon ledig kapacitet och kurvan för den ingående trafiken planar ut när den når förbindelsens maxkapacitet 155 Mbit/s.

De första planerna för en utbyggnad av Sunet till Gigabit/s-kapacitet gjordes upp redan våren 2000 och efter en upphandling våren 2001, beslut och avtalsförhandlingar levereras nu Gigasunet med början i januari 2002 och ger de värst drabbade universiteten omedelbar avlastning.

SUNETs styrelse har alltså vidtagit åtgärder för att SUNET skall kunna fortsätta att leverera den kapacitet som högskolorna behöver. Beslutet får konsekvenser i form av ökade kostnader för driften av nätet, ökade amorteringar och räntor avseende den utrustning som används i nätet.

Användarna - universitet och högskolor - får ökad kapacitet (16 gånger mer) samtidigt som de totala kostnaderna för SUNET ökar med upp till 60 % under en 4-årsperiod. År 2002 blir kostnadsökningen mycket måttlig - från 130 till 150 Mkr.

Den del av kostnaderna som användarna står för genom direkta avgifter ökar emellertid väsentligt mer eftersom staten samtidigt drar ner anslaget till SUNET med hela 90 Mkr. Under år 2000 och 2001 har det direkta anslaget till SUNET över statsbudgeten legat på en nivå som tillsammans med bidragen från högskolorna väl täckt kostnaderna för att driva det existerande 622/155 Mbit/s-nätet, men återgången till enbart ett basanslag om knappt 40 Mkr till SUNET har skapat en ny situation.



5. SUNET och högskolornas behov

SUNET rymmer inom sig högskolor med vitt skilda förutsättningar beroende på skillnader i storlek, IT-profil och geografisk belägenhet. Alla högskolor behandlas dock för närvarande lika vilket ger en enhetlig teknik och förenklar administrationen. Säkert skulle många högskolor klara sig med accessförbindelser (med accessförbindelse avses förbindelsen från den enskilda högskolan fram till de gemensamma förbindelser som bildar kärnan i SUNET och ibland kallas ryggradsnät) med lägre kapacitet än den som nu tillhandahålls, men en nedväxling skulle inte ge någon större ekonomisk vinst för SUNET totalt sett. En fördel med den lösning som valts är att det finns gott om utrymme för de flesta högskolor att växa utan att SUNET tvingas till kostnadskrävande uppgraderingar av enskilda förbindelser under pågående avtalsperiod.

De accessförbindelser SUNET nu skaffar är av typ "svart fiber" och är inte begränsade till dagens användning av nätet. Själva förbindelsen kan i själva verket bära trafik på terabitnivå. Kapaciteten bestäms enbart av den utrustning som sätts in i ändarna på förbindelserna. Kostnaden för själva förbindelsen påverkas inte av hur mycket trafik som överförs. Därför är denna typ av förbindelser framtidssäkra.

De förbindelser som knyter ihop högskoleorterna med varandra är inte svart fiber som SUNET kan förfoga över som man vill. Bandbredden i dessa förbindelser måste vara tilltagen så att den kan rymma den samlade last som de via förbindelsen anslutna högskolorna – stora som små – genererar. SUNET har valt att hyra förbindelser med kapaciteten 10 Gigabit/s.

Kapaciteten i det nya Gigasunet bör därmed kunna räcka för att hantera en trafikökning som den vi haft de senaste åren under 3-4 år. Gigasunet klarar alltså fyra fördubblingar av dagens trafik.

De högskolor som bygger ut sina campusnät för att få bättre och snabbare Internetförbindelser vill naturligtvis inte att Sunet skall vara en flaskhals. Om inte Sunet räcker till för en högskolas behov drabbas dessutom övriga högskolor som delar förbindelse med denna. Det är därför ett gemensamt intresse för de till SUNET anslutna högskolorna att de gemensamma förbindelserna är tillräckligt dimensionerade för att kunna svälja den samlade trafiken.

Kraven på Sunet ökar alltså i och med att snabbare och säkrare datakommunikationer blir tillgängliga och utnyttjas i verksamheten. Bara små fördröjningar kan accepteras.

I dag kräver dessutom högskolorna hög tillgänglighet. Ett avbrott i datakommunikationerna är allvarligt för stora delar av verksamheten vid en högskola och kan leda till ett stort produktionsbortfall. Redan i den förra upphandlingen avseende uppgradering av Sunet till 622 Mbit/s ställdes därför höga krav på tillgänglighet och redundans och samma krav har ställts i samband med upphandlingen av Gigabit/s-förbindelserna.

Då flera högskolor använder sig av administrativa stödsystem för studerandeadministration, personaladministration och ekonomiadministration, som delvis bygger på ett tillförlitligt fungerande Sunet, är kravet på tillgänglighet viktigt.

För de studerande är det angeläget att den egna högskolan erbjuder tillgång till snabba och väl fungerande förbindelser till världen utanför högskolan. Många högskolor profilerar sig som IT-universitet. Bra nät, som studenterna kan använda, är i viss mån ett konkurrensmedel när högskolorna rekryterar studenter.

Men högskolorna behöver inte bara transportvägar och bandbredd. Internetkonnektivitet kan man idag få via kommersiella leverantörer av Internet-tjänster och hög bandbredd är mest en kostnadsfråga, åtminstone i de delar av landet där det finns en väl utbyggd infrastruktur. I Sunet har högskolorna ett nät som de själva kontrollerar och som kan anpassas till deras behov och vara plattform för specifika tjänster som de efterfrågar.

SUNET som organisation är en etablerad institution som kan tjäna som bas för gemensamma satsningar och samarbeten av olika slag, där alternativet skulle ha varit att skapa nya organisationer för varje ny uppgift.

Genom SUNET och NORDUnet har högskolorna möjlighet att följa teknikutvecklingen när det gäller nätbaserade tillämpningar och genom de workshops och andra utbildningstillfällen som dessa organisationer anordnar sprids kunskap och kompetens till hela högskolesystemet.

SUNET har dessutom kontakter med liknande organisationer i Europa och Nordamerika och deltar i arbetsgrupper kring teknik och användning av nätet.

Stort intresse knyts bl a till aktiviteterna inom Internet 2, som är ett konsortium av amerikanska universitet med uppgift att bl a utveckla nya applikationer, s k middleware, nät samt infrastruktur för nät.

I Europa finns bl a projektet Serenate, som är ett projekt som drivs med stort EU-stöd för att göra en omfattande strategisk studie avseende teknikutveckling, marknadsutveckling, behovsutveckling, geografisk täckning m.m. vad gäller pan-europeiskt forskningsnät.

6. Internationell utblick

Akademiska nät av SUNETs typ (internationellt används termen NREN: National Research and Education Networks) finns i så gott som alla europeiska länder och de är organiserade i en organisation vid namn TERENA, Trans-European Research and Education Networking Association.

TERENA har gjort en jämförande studie avseende kapacitet, budgetar och användning avseende förhållandet i december 2001. Sverige, som traditionellt hört till de ledande länderna i Europa vad gäller infrastruktur för datakommunikation, framstår i TERENAs undersökning snarast som en mellannation både vad gäller de snabbaste enskilda förbindelserna och den aggregerade kapaciteten.

Ser man till kapaciteten i vad som ibland kallas ryggradsnätet eller – med TERENAs terminologi – core speed har vi före oss inte bara stora länder som Tyskland, Frankrike, Storbritannien och Italien utan också alla benelux-länder, Danmark, Finland, Irland, Österrike och Schweiz.

Med Gigasunet kommer dock Sverige att återta sin position som ett av de främsta infrastrukturländerna i Europa.

Ser man till budgeten för det nationella nätet ligger Sverige i nivå med Norge och Schweiz, något över Belgien och Kroatien men klart under Portugal. År 2002 ökar SUNETs budget med 15 %, men Sveriges relativa position påverkas inte. Störst budget har naturligtvis de stora länderna: Tyskland, Italien och Storbritannien. Mest av alla spenderar Storbritannien med 86 MEUR år 2001.

EU har höga ambitioner för utbyggnaden av forskningsdatanäten i samtliga europeiska länder, ambitioner som kommer till tydligt uttryck i dokumentet *eEurope*. Planen där har varit att uppgradera förbindelserna mellan de europeiska ländernas forskningsnät till minst 2.5 Gigabit/s i slutet av 2001. Sedan december 2001 är också ett sådant nät (Géant) i

produktion. EU-kommissionen följer noga hur snabbt EU-länderna lever upp till och förverkligar de mål som länderna enats om i anslutning till arbetet med eEurope.

I Nordamerika, som leder utvecklingen, finns forskningsnäten i USA med mycket stark tonvikt på just forskning och projekt som driver utvecklingen framåt. Finansieringen varierar och består både av universitetsmedel, federala medel och insatser från företag med intresse för teknikutveckling.

Men när det gäller infrastruktur är Canada det verkliga föregångslandet med världens snabbaste forskningsnät, CA*net 3, med en kapacitet om över 40 Gbit/s. CA*net 3 är också världens första landsomfattande optiska nät och organisationen Canarie, som står bakom CA*net 3, är dessutom engagerat i en rad intressanta utvecklings- och samarbetsprojekt tillsammans med industrin

7. Teknikalternativ



Det nät som SUNET nu bygger upp är ett optiskt nät - precis som det Canarie byggt i Canada. Det använder alltså Internetprotokollet IP direkt över svart fiber eller våglängder. Tidigare har IP ansetts kräva en bärartjänst i form av t ex ATM eller SDH mellan IP och fibern.

Föregångaren - dagens Sunet för de flesta högskolorna - använder IP över SDH och är topologiskt sett ett två-nivåers stjärnnät med huvudnoder i Sundsvall, Göteborg och Malmö och förbindelser (622 Mbit/s) mellan dessa noder och SUNETs centrala nod i Stockholm. Lärosätena är i sin tur anslutna med långsammare förbindelser (155 Mbit/s) till dessa större noder.

Nätet ger få s k hopp eftersom högskolorna direktansluts till huvudnoderna. Det är också okänt för avbrott i enstaka förbindelser, eftersom förbindelserna genom en teknik kallad "SDH med skyddade förbindelser" har inbyggd redundans (tillgång till mer kapacitet än vad som faktiskt behövs för överföringen i en normalsituation): vid avbrott på den ordinarie förbindelsen växlas trafiken automatiskt över till en reservförbindelse med motsvarande kapacitet.

En nackdel med skyddade förbindelser är att man måste ha tillgång till dubbel kapacitet utan att den dubbla kapaciteten någonsin kan utnyttjas. Reserven står alltid tom till dess att det blir avbrott på den ordinarie förbindelsen. I ett ringnät (som är den topologi som används i det nya nätet, Gigasunet) har man kvar redundansen men kan nyttja all kapacitet så länge alla förbindelser är hela.

Kapaciteten i dagens nät räcker till så änge belastningen på förbindelserna mellan huvudnoderna klart understiger 622 Mbit/s. Så länge accessförbindelserna från de enskilda högskolorna endast tillåter 155 Mbit/s är risken inte stor att 622 Mbit/s-förbindelserna överlastas, men när accessförbindelserna måste dubbleras eller graderas upp är 622 Mbit/s inte längre tillräckligt. Nätet måste då uppgraderas till Gigabit/s-hastighet.

	
<p>SUNETs tidigare nät (155/622 Mbit/s-nätet) är ett exempel på ett stjärnnät.</p>	<p>I Gigasunet används i stället ringar för att förbinda de olika orterna.</p>

Samtidigt kvarstår kravet på redundans. SDH-tekniken med skyddade förbindelser går emellertid inte att använda i ett Gigabit/s-nät, och SUNET valde därför en annan topologi och en annan teknik vid planeringen av Gigasunet. Gigasunet består av ett antal ringar med beröringspunkter mellan varandra. Vid avbrott på en av ringarna kan trafiken ta en annan väg och via ringsystemet ändå nå fram till sin destination.

Fyra stora ringar (kompletterade med en "expressväg") utgör "stamnätet" och får kapaciteten 10 Gigabit/s. Till dessa ansluts mindre ringar med kapaciteten 2,5 Gigabit/s, och till de mindre ringarna ansluter högskolorna med ett antal Gigabit Ethernet-förbindelser. Högst två högskolor ansluts till samma 2,5 Gigabit/s-ring. På orter med fler än två högskolor (som Stockholm) byggs flera sådana ringar.

För anslutningen till dessa ringar krävs utrustning i form av mycket avancerade kommunikationsdatorer (routers). Genom ett avtal med företaget Cisco får SUNET i samband med beställning av utrustning för nätet 60 routers till ett mycket lågt styckpris, varför det inte blir någon större merkostnad att ge också de minsta högskolorna anslutning med Gigabit/s-kapacitet.

Som alternativ till den valda lösningen i Gigasunet har framförts att ett förstärkt och utvecklat stjärn nät skulle kunna ge fördelar i form av färre "hopp" och mindre behov av utrustning. Enligt SUNETs beräkningar skulle emellertid kostnaderna för förbindelser i ett sådant nät bli väsentligt högre än i ringnätet på grund av att stjärn nätet kräver fler och betydligt längre kommunikationsförbindelser.

Tekniken med ringar i stamnätet används redan idag i flera stora nät. NORDUnet har ringar mellan de nordiska länderna, SURFnet i Holland är på väg att bygga ett nät som i grova drag liknar GigaSunet, flera ISP:er i USA har liknande nät i drift, likaså det kanadensiska CANARIE. En del av dessa har ringar med kapaciteten 2,5 Gbit/sek och andra har 10 Gbit/sek, men tekniken i övrigt är lika.

Även den teknik som används i accessnäten finns i drift på flera ställen, skillnaden är att GigaSunet använder nya (och billigare) accessroutrar.

En fördel med ringstrukturen är att förstärkning på enskilda segment ofta är enklare. Det är enklare att komplettera genom att införa "expressförbindelser" mellan olika orter med behov av hög bandbredd utan att behöva bygga om hela nätet. Ytterligare en fördel med ringarna är att inte all SUNET-intern trafik behöver gå igenom (och belasta) Stockholmsnoden.

SUNETs styrelse har enhälligt förordat ringnätet, och den utrustning som anskaffas ger såväl SUNET som de enskilda högskolorna stora möjligheter att utveckla och komplettera nätet på olika sätt.

För att garantera en väl fungerande drift har SUNET i ett avtal med Cisco tillförsäkrat sig expertstöd av leverantören innebärande att en supportingenjör på Cisco på en stor del av sin tid skall arbeta med SUNETs nya nät. Detta bör ytterligare förbättra driftsäkerheten och skapar en direkt kanal till leverantören av utrustningen i nätet, så att eventuella problem kan analyseras och åtgärdas av leverantören.

8. Finansiering av en utbyggnad

En utbyggnad medför ökade kostnader som inte är av engångskaraktär. Som det nu ser ut drabbas universitet och högskolor år 2002 av nära nog en fördubbling av avgiften till SUNET. Ökningen beror dock som redan nämnts (i avsnitt 4) i främsta rummet inte på att Gigasunet tas i bruk utan på att anslaget till SUNET, som under två år varit förstärkt och bidragit till att finansiera dagens Sunet, fr o m 2002 dras ner till basnivån knappt 40 Mkr.

Kostnaderna för SUNET ökar med 15 % mellan 2001 och 2002, men det belopp som måste finansieras via avgifter från högskolorna ökar från 60 till 110 Mkr.

Inför perspektivet att få en nära nog 100-procentig avgiftshöjning har en del högskolor helt naturligt velat undersöka alternativ utanför SUNET-samarbetet. Hittills har dock ingen högskola valt att ställa sig utanför samarbetet och gå sin egen väg. Det förklaras till stor del av att SUNET inte är en ISP vilken som helst.

9. SUNET-anslutning kontra kommersiella alternativ

SUNET skiljer sig i en rad avseenden från kommersiella leverantörer när det gäller de tjänster man levererar:

Tillgänglighet

SUNET har extremt höga krav på tillgänglighet och på förbindelsernas kvalitet. SUNET bygger därför nätet med dubblerade kommunikationsförbindelser. SUNET bygger också nätet med all kommunikationsutrustning dubblerad. Det gäller såväl den utrustning som sitter i de gemensamma delarna av nätet som den utrustning som ansluter till en enskild högskola eller ett enskilt universitet. Detta gör att ett kabelbrott eller ett fel i en kommunikationsenhet inte påverkar högskolornas möjlighet till datakommunikation via SUNET.

Kapacitet

SUNET erbjuder garanterad och hög överföringskapacitet i nätet. De kommersiella operatörerna brukar överteckna eller överboka kapaciteten i nätet vilket gör att de ofta inte kan ge några garantier för nätets överföringskapacitet. SUNET arbetar i stället utifrån principen att det inte får finnas några flaskhalsar i sin del av nätet.

Nationell täckning

SUNET har jämförelsevis mycket hög kapacitet till samtliga universitet och högskolor i Sverige medan kommersiella operatörer framför allt bygger ut förbindelserna mellan de mest tätbefolkade områdena.

Internationella förbindelser

SUNET har extremt goda internationella förbindelser, medan kommersiella operatörer ibland försöker begränsa den internationella trafiken. För universiteten är detta särskilt viktigt eftersom många användare har mer informationsutbyte med kontakter utomlands än med kontakter i Sverige. Genom samarbetet mellan de nordiska universitetsdatornäten inom NORDUnet har dessa nät tillsammans byggt ett nät mellan de nordiska länderna och gemensamt arrangerat mycket bra förbindelser med USA, med resten av Europa och med resten av världen.

De internationella förbindelser som svenska universitet och högskolor har tillgång till via NORDUnet-samarbetet uppfyller samma krav på tillgänglighet och kapacitet som förbindelserna i Sunet. NORDUnet använder genomgående såväl dubblerade kommunikationsförbindelser som dubblerad kommunikationsutrustning. Kapaciteten i det internationella nätet byggs också ut i takt med användningen för att undvika att NORDUnet förorsakar begränsningar i kommunikationsmöjligheterna.

Åtkomst till internationella forskningsnät

SUNET har via NORDUnet tillgång till reserverade förbindelser till forskningsnät, något som kommersiella operatörer överhuvudtaget inte kan erbjuda.

NORDUnet har etablerat en unik förbindelse med de ledande amerikanska forskningsnäten. Tack vare detta kan svenska universitet och högskolor via en ”gräddfil” kommunicera med amerikanska universitet och forskningslaboratorier.

Via NORDUnet finns det anslutningar till det gemensamma europeiska forskningsnätet som, med delfinansiering från EU, knyter samman de nationella forsknings- och utbildningsnäten i Europa.

Dessa prioriterade förbindelser till forskningsnät i andra länder gör att svenska universitet och högskolor ges goda möjligheter att delta i internationellt forskningssamarbete och också medverka i utvecklingen av nya datornätstillämpningar som distribuerad datalagring och distribuerade kraftfulla beräkningar.

Andra tjänster och funktioner

Utöver transport av data erbjuder SUNET andra tjänster, till exempel:

- Via den s.k. SUNET-CERT:en samordnas hanteringen av IT-incidenter för universitet och högskolor. Huvudmålet med verksamheten är att assistera svenska universitet och högskolor i uppbyggandet av datorsäkerheten.
- FTP-arkivet ger möjlighet till åtkomst till all världens fritt distribuerbara program och information. SUNET:s FTP-arkiv är ett av världens mest omfattande och effektiva FTP-arkiv.

- SUNETs användare har tillgång till lättadministrerade elektroniska distributionslistor via SUNET:s LISTSERV
- SUNET:s FAX-gateway gör det möjligt att skicka telefax via den elektroniska posten
- SUNET hjälper till med samordning av kataloger inom högskolan med bl.a. e-postadresser

Dessutom är SUNET inte bara en Internetleverantör utan även en plattform för högskolorna för samarbete både kring teknik och användningen av Internet. Plattformen bygger på att högskolorna håller samman.

Därvidlag spelar SUNETs tekniska referensgrupp och de konferenser (TREFpunkt) som gruppen arrangerar en viktig roll.

10. Kostnader för SUNET 2002 - 2005

Kostnaderna (i tkr) för SUNET under den period som Gigasunet byggs upp och används framgår sammanställningen nedan:

Ändamål	2002	2003	2004	2005
Nationella förbindelser	35 227	50 994	61 474	62 002
Internationella förbindelser	31 530	32 500	39 640	44 000
Tjänster	19 422	20 393	21 413	22 483
Amorteringar utrustning	40 112	59 134	59 064	43 530
Räntor utrustning	4 200	7 795	5 550	3 301
Underhåll utrustning	8 463	11 915	11 915	11 915
Expertstöd	3 300	3 300	3 300	3 300
Drift	5 900	3 900	3 900	3 900
Administration	3 049	3 202	3 362	3 530
SUMMA	151 203	193 133	209 618	197 961

Kommentarer till budgeten

Avtalet med banverket löper ut i november 2002 och SUNET har inga utgifter för förbindelserna enligt detta avtal under 2002 och följande år.

I stället betalar SUNET till Telia ersättning för förbindelser enligt det avtal som slöts efter SUNETs upphandling sommaren 2001. Avtalet med Telia löper under 4 år och täcker alltså hela den period som Regeringen önskar se en redovisning för.

Budgeten för de internationella förbindelserna bygger på de prognoser som gjorts av NORDUnet avseende kostnaderna under samma period. Då NORDUnets budget anges i danska kronor har det svenska bidraget räknats om efter kursen den 25 september 2001.

Utrustning har beställts från leverantören Eterra enligt gällande ramavtal för utrustning tillverkad av Cisco där typ av utrustning, antal, pris, leveranstider, underhållskostnad m m specificeras i detalj. Avtalet innebär att all utrustning för Gigasunet-uppgraderingen anskaffas under år 2002. Betalningsdatum har beräknats bli 2002-02-15 för etapp 1, 2002-04-01 för etapp 2 och 2002-09-01 för etapp 3. Vetenskapsrådet tar upp lån för investeringen och lånen amorteras under 4 år.

Det betyder att kostnaden för denna utrustning och underhållet av den kan beräknas med relativt stor exakthet. Till detta kommer andra investeringar som erfarenhetsmässigt behövs för bl a tjänster som FTP-arkivet, News-matningen och maillist-tjänsten liksom för komplettering och ersättningsanskaffning avseende utrustningen i själva nätet.

Tjänsterna har i budgeten antagits drivas vidare med i stort sett oförändrad ambitionsnivå, och i stället för drift av "gamla Sunet" har en kostnad tagits upp för driften av Gigasunet. Här finns fortfarande en viss osäkerhet, då SUNET kommer att gå över till en ny typ av driftorganisation med övervakning 24 timmar om dygnet 7 dagar i veckan. Övergångsvis (under 2002) får SUNET kostnader för drift av såväl det nuvarande nätet som Gigasunet.

Täckning av kostnaderna år 2002

SUNET har ett anslag för 2002 om närmare 40 Mkr och kommer att i en första fakturering att ta in 60 Mkr i avgifter från högskolorna för att ha likviditet för de två stora investeringarna i början av år 2002. Senare under budgetåret räknar SUNET med att ytterligare 50 Mkr måste tas in i form av avgifter från högskolorna. Totalt bidrar alltså universitet och högskolor till SUNETs budget med 110 Mkr under 2002.

Kostnaderna för SUNET i relation till antalet användare

De högskolor som är anslutna till SUNET har, lågt räknat, 200 000 studenter som använder SUNET. Kostnaden per användare blir alltså ca 1000 kr om året eller 80 kr i månaden, vilket kan jämföras med kostnaden för ett normalt bredbandsabonnemang som brukar vara minst

200 kr per månad och ofta betydligt mer. En kostnad om 200 Mkr per år kan tyckas hög men utslaget per användare är kostnaden i själva verket mycket måttlig.

11. Budgetunderlag

I sitt budgetunderlag för perioden 2002 – 2005 föreslår Vetenskapsrådet för SUNET en höjning av anslagsnivån upp till ca 70 Mkr. Det statliga anslaget skulle då motsvara 1/3 av den årliga totalkostnaden för SUNET, medan resterande 2/3 skulle behöva betalas av högskolorna i form av avgifter.

För 2002 räknar SUNET med att ta in ca 110 Mkr i avgift från högskolorna och för 2003 blir motsvarande avgift ca 125 Mkr förutsatt att anslaget ökar enligt Vetenskapsrådets förslag:

Bidrag i Mkr	2002	2003	2004	2005
Anslag	38,0	64,4	69,9	66,0
Övriga inkomster	113,2	128,7	139,7	131,9
Summa	151,2	193,1	209,6	197,9

Om anslaget inte höjs enligt rådets förslag måste SUNET ta in ytterligare medel i form av avgifter.

12. Finansieringsalternativ

a. Nollalternativet

Ett nollalternativ (med oförändrat anslag) skulle leda till följande fördelning mellan anslag och övriga inkomster:

Bidrag i Mkr	2002	2003	2004	2005
Anslag	38,0	38,0	38,0	38,0
Övriga inkomster	113,2	155,1	171,6	159,9
Summa	151,2	193,1	209,6	197,9

Ett nollalternativ skulle drabba högskolorna hårt. Tanken med att ha ett anslag för SUNET har ursprungligen varit att genom ett tillräckligt stöd till en gemensam viktig basresurs underlätta för universitet och högskolor att satsa de medel och ta de beslut som behövs för att även i fortsättningen ha ett nät i europeisk toppklass med möjlighet att tillgodose behoven hos samtliga högskolor. Ett anslag som står för mindre än 20 % av finansieringen kan knappast kallas basfinansiering.

b. Förstärkningsalternativ

Vid kontakter med Sveriges universitets- och högskoleförbund har i stället följande alternativ förts fram från högskolornas sida som en önskvärd fördelning mellan anslag och avgifter:

Bidrag i Mkr	2002	2003	2004	2005
Anslag	38	96,5	104,8	99,0
Övriga inkomster	113,2	96,6	104,8	98,9
Summa	151,2	193,1	209,6	197,9

Högskolorna står alltså fast vid att anslagsdelen bör svara för hälften av finansieringen. När det gäller den del som måste finansieras via avgifter ser man vidare gärna att SUNET inför en komponent som tar hänsyn till användningen så att de högskolor som använder nätet särskilt intensivt också får betala relativt mer än högskolor som inte belastar nätet lika mycket.

I sitt budgetunderlag för år 2001 föreslog också Vetenskapsrådet en fördelning av kostnaderna för SUNET som innebar att halva kostnaden borde finansieras via anslag och den andra halvan via avgifter. Regeringen följde emellertid inte förslaget och år 2002 har vi en situation där basfinansieringen via anslag bara täcker en fjärdedel av kostnaderna.

Ytterligare synpunkter

Oavsett finansieringsform – avgifter eller anslag - kommer resurserna för SUNET i allt väsentligt från den budget som utbildningsdepartementet kan fördela. Anslagsdelen finansieras dessutom i dag helt via forskningsbudgeten, trots att SUNET i minst lika hög grad används för utbildningen och för funktioner som är gemensamma för utbildning och forskning. En ökad anslagsfinansiering bör eftersträvas och det förefaller rimligt att ta i anspråk också resurser inom budgeten för utbildningssystemet.

13 Principer för uttag av avgifter till SUNET

Med en allt större avgiftsfinansiering finns en risk att vi också får en diskussion om beräkningen av avgifterna och om fördelningen av kostnaderna mellan högskolorna som vi hittills sluppit under senare år. Sådana diskussioner brukar inte vara konstruktiva och i värsta fall kan SUNET åter hamna i en situation där den högskola som har den lägsta ambitionsnivån för sin nätanvändning styr dimensioneringen av nätet, vilket var fallet innan en basfinansiering genom anslag infördes.

Avgifterna fördelas för närvarande i proportion till respektive lärosätes andel av högskolesektorns totala intäkter.

Avgifterna är således kopplade till bärkraft snarare än till kostnaderna för att hantera de olika anslutningarna eller till utnyttjandet av förbindelserna.

Tidigare försök med avgifter baserade på variabler som studentantal, antal anställda, trafikmätning o dylikt har givit resultat som endast marginellt avvikit från den som den nuvarande principen ger.

Principen har därför knappast ifrågasatts under senare år och SUNET har sluppit diskussioner om det rättvisa i den vikt olika faktorer ges i avgiften eller sättet att mäta trafik.

Alla högskolor får för närvarande också samma service av SUNET. Om det fanns olika service-nivåer skulle man annars kunna tänka sig differentierade avgifter beroende på vilka tjänster högskolorna utnyttjar. Trafikbegränsning på accesslinjer skulle kunna motivera en lägre avgift, men ingen högskola har i dag en sådan begränsning.

Alla har samma möjligheter, men det finns idag betydande skillnader i högskolornas policy för användningen av nätet. Framför allt prioriteras studenternas möjligheter att använda SUNET olika. En del högskolor uppmuntrar användningen starkt och ansluter t ex gärna studentbostäder till SUNET. Andra är mer restriktiva när det gäller att ge studenterna tillgång till nätet och försöker med brandväggar och andra metoder minska den trafik som belastar SUNET.

Det finns alltså argument för att högskolornas avgifter bör baseras på hur mycket de använder Sunet, liksom det finns goda argument för hittillsvarande praxis. SUNET bör utreda möjligheterna att fr o m 2003 prova ett system som baserar avgifterna från högskolorna på deras användning av Sunet enligt något sätt att mäta trafik som det går att uppnå relativ enighet om.

De som ansvarar för tekniken i SUNET är dock starkt skeptiska till trafikbaserade avgifter och hänvisar bl a till att sk denial of service-attacker är mycket vanliga. Vid en sådan attack försöker illvilliga personer slå ut datorer inom en organisation genom att skicka så mycket trafik till dem att datorer och iblande hela det lokala nätet överbelastas och slutar fungera. I en trafikmätning skulle sådan (av högskolan oönskad) trafik ingå som en del av den registrerade trafikströmmen och således påverka betalningen.

Trafikbaserade avgifter uppmuntrar heller inte till samarbete via nätet. Högskolor som tillhandahåller tjänster som utnyttjas av andra högskolor vill naturligtvis inte att de till följd av den trafik som en sådan aktivitet ger upphov till skall belastas med högre avgifter för SUNET. Om ett trafikbaserat finansieringssystem införs måste det följaktligen utformas med stor omsorg, så att inte de negativa effekterna blir större än de fördelar man ser i form av större ”rättvisa” och incitament att bättre hushålla med bandbredd.

14. Alternativ till Gigasunet

Regeringen vill att Vetenskapsrådet belyser olika alternativ för utvecklingen av SUNET perioden 2002-2005. Med tanke på ingångna avtal skulle detta bli en helt akademisk övning om härmed avses att utrustning och förbindelser skulle anskaffas vid andra tidpunkter.

Men om vi leker med tanken att avtalen med Telia resp. Cisco kunde omförhandlas så skulle t ex vissa högskolor kunna vara kvar i det gamla nätet längre än nu planerat. En del investeringar skulle då ha kunnat senareläggas. Totalt sett skulle emellertid detta ha varit en oekonomisk lösning. SUNET skulle under lång tid tvingas driva två nät med åtföljande kostnader, ett nytt avtal skulle behöva slutas med Banverket och de högskolor som fick vänta på att bli anslutna till Gigasunet skulle - med all rätt - bli starkt missnöjda.

Teoretiskt skulle man också kunna skjuta på hela uppgraderingen av nätet, men den möjligheten finns i praktiken inte eftersom flera högskolor inte längre klarar sig med dagens nät. Ett alternativ skulle visserligen kunna vara att dubblera förbindelser i det gamla nätet för att vinna tid, men snart skulle man ändå tvingas göra något radikalt eftersom kapaciteten i ryggradsnätet skulle bli otillräcklig.

SUNET har övervägt dessa möjligheter men funnit att kortsiktiga åtgärder av detta slag skulle vara slöseri med knappa resurser och leda till missnöje bland användarna.

När det gäller utformning och kapacitetskrav i det nät som nu byggs kan man givetvis tänka sig alternativ. Olika teknikalternativ har diskuterats i avsnitt 6. De alternativ som inte valts är emellertid svåra att kostnadsberäkna eftersom endast en seriös upphandling kan visa vad som är den verkliga kostnaden för ett visst alternativ.

Kapacitetsmässigt hade SUNET kunnat nöja sig med ett 2,5 Gigabit/s-nät mellan högskolorna. Det hade dock inneburit ett väsentligt mindre uppgraderingssteg än det 10 Gigabit/s-alternativ som valdes och skulle ha gett investeringen en kortare livslängd.

Tekniska diskussioner kring olika alternativ kan vara intressanta också i efterhand men man måste konstatera att det egentliga teknikvalet gjordes när kravspecifikationen för upphandlingen av ett nytt nät fastställdes och att detta val nu inte kan ändras. SUNET har förpliktelser enligt ingångna avtal och kostnader som följer av dessa avtal.

Vad som fortfarande kan diskuteras är hur dessa kostnader skall fördelas mellan anslagsfinansiering och avgiftsfinansiering, vilket berörts ovan i avsnitt 12. Här ligger avgörandet i Regeringens händer. Högskolornas synpunkter bör härvid givetvis tillmätas stor betydelse.

Vidare bör man redan nu ägna en tanke åt vad som händer mot slutet av perioden 2002-2005 då användningen kan beräknas ha växt ikapp kapaciteten i nätet. Hur skall nästa stora steg förberedas, vilken typ av teknikbevakning, uppföljning, utredning av alternativ - tekniska och ekonomiska - behöver göras och vem/vilka bör delta i processen?

Här finns fortfarande väldigt stora frihetsgrader men det gäller att inse att vi förr eller senare har att ta ställning till en ny uppgradering och att man kan hamna i en omöjlig situation om man inte är väl förberedd och väntar för länge med att på allvar börja undersöka realistiska alternativ.

SUNET avser att i anslutning till den nya driftorganisation som införs från och med 2002 inrätta en funktion för långsiktig strategisk planering av nätet och tjänsterna.

Förklaringar till förkortningar och facktermer i texten

3D	Tredimensionell
ATM	Asynchronous Transfer Mode, nätverksteknik som använder celler eller paket av en fast storlek för överföring av data
CA*net	Det kanadensiska universitetsdatanätet
CAD/CAM	Begreppet står för <i>Computer Aided Design</i> och <i>Computer Aided Manufacturing</i> , alltså datorstödd konstruktion och datorstödd tillverkning
Canarie	Organisation i Canada för avancerad Internetutveckling
CERT	Computer Emergency Response Team – organisation med uppgift att koordinera hantering av incidenter som hotar säkerheten i nät
FTP	File Transfer Protocol – filöverföringsprotokollet på Internet
gateway	En hård- och mjukvarulösning som länkar samman eller översätter mellan olika typer av nät
Gigabit/s (även Gbit/s)	Gigabit per sekund – miljarder databitar per sekund
GRID	I Grid-konceptet använder man sig av outnyttjad datakraft hos ett antal datorer i ett nät som samtidigt kan arbeta med lösningen av ett problem som är för stort för att kunna lösas av en enskild maskin (computational Grid). Man talar ibland också om Data Grid och avser då distribuerad datalagring.
IT	Informationsteknik eller informationsteknologi
Megabit/s (även Mbit/s)	Megabit per sekund – miljoner databitar per sekund
NORDUnet	Samarbetet mellan universitetsdatanäten i de nordiska länderna (organiserat som ett danskt aktieföretag, NORDUnet A/S)
peer to peer	I ett peer to peer nätverk har varje arbetsstation samma möjligheter och samma ansvar till skillnad från vad som gäller i en sk klient – servermiljö, där kommunikationen oftast går till centralt placerade datorer (servrar) som betjänar ett stort antal klientdatorer.
SDH	Synchronous Digital Hierarchy, teknik för synkron överföring av data över fiberoptiska kablar. Motsvaras i Nordamerika av SONET.
Streaming	Dataöverföring som innebär att överföring och uppspelning av ljud eller rörliga bilder sker avbrottsfritt i en jämn ström i stället för att spelas upp först när hela överföringen är klar
SUNET	Swedish University Network - det svenska universitetsdatanätet