

WE HAVE LIFTOFF: DEL 5 AV 2

Nu ska vi glo närsynt på Sunet, hela Sunet och allt därutöver. Ta fram stora förstoringlaset. Sunet kan inte fungera för sig själv, utan behöver anslutningar till omvärlden för att bli värdefullt för alla inblandade. Här stöter vi på organisationer som NORDUnet (förstås), Netnod och de övriga nordiska näten i Norge, Finland och Danmark och de knutpunkter som finns där. NORDUnets egna knutpunkter i Nordeuropa är också viktiga. Olika innehållsleverantörer har egna lagringsplatser som Sunet drar nytta av, så kallade Content Delivery Networks (CDN).

Låt oss en gång för alla slå fast: Sunet är Internet! Sunet transporterar alla tjänster och all information som finns i hela världen, men utan anslutning till hela världen blir det ingen transport.

INNEHÅLL

Karta över Internet är svårt: Problemen med kartering av Internet. Vi gör ett försök ändå.

Varav består Internet? Internet är sammansatt av användare och tjänster.

Nivå 1: Sunet i närmiljön: Sunets samspel i Norden.

Plansch att ha på väggen: Snygg plansch du kan skriva ut i undervisningssyfte

Om Netnod: Landets störste knutpunktsleverantör.

Nivå 2: NORDUnet i världen: Sunets och NORDUnets samspel i världen.

Kort om de inkopplade tjänsterna: De vanligaste tjänsterna.

Sjökablar från Sverige: Kopplingar i vår närmiljö.

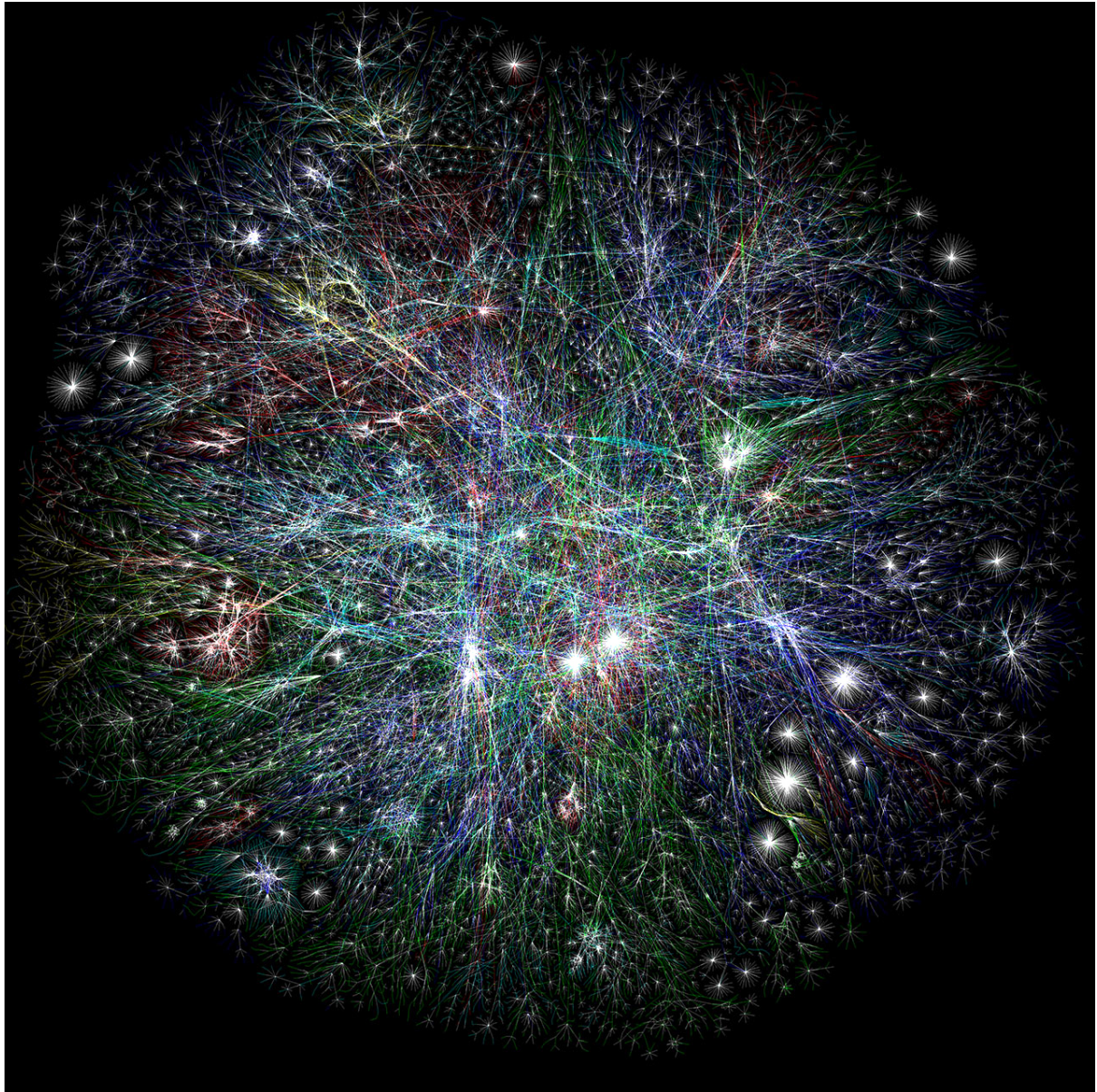
Sjökablar i hela världen: Kopplingar globalt.

Jorden runt på 80 millisekunder: Hur tar sig NORDUnet till Hongkong?

Avslutning

Läs mer: Nyttig läsning.

KARTA ÖVER INTERNET ÄR SVÅRT



Det är i stort sett omöjligt att rita en begriplig karta över hela Internet. Det blir snyggt att titta på, men ger ingen information. Man blir tvungen att välja ett del-nät. I den här artikeln ska vi försöka kartera en del av Internet, nämligen den del som har Sunet som medelpunkt. Bild: The Opte Project/Wikipedia.

Definition: Internet är inte ett särskilt nät. Internet är en övergripande idé om att alla världens datorer ska kunna kommunicera med varandra på lika villkor. Detta utförs i praktiken med hjälp av en mängd fysiska, sammankopplade nät.

Varför finns då Sunet, när alla lärosäten lika väl hade kunnat ansluta sig till någon annan internetleverantör och få tag i hela Internet? Sunet är både en idé och ett nät. Sunet finns för att datatransporten mellan lärosäten och forskare världen runt ska vara kostnadsfri och av hög kvalitet. Datatransporten mellan lärosätena är inte obetydlig och hade betingat stora överföringskostnader.

Omvärlden är ansluten till Sunet, men Sunet kan inte kunna lämna garantier för vare sig omvärldens kvalitet eller driftsäkerhet. För den sunetanslutne är Internet är snarast att betrakta som ytterligare en kostnadsfri sunettjänst.

Denna artikel visar på hur Sunet är anslutet till världen omkring, i två steg eller två skalor om man så vill. Till detta kommer ytterligare två detaljnivåer.

1. **Nivå ett** visar hur Sunet sitter ihop med och utbyter data med andra nät i Sverige och ger en antydning om hur Sveriges olika nät är kopplade till näten i omvärlden. Sunet är bara ett av alla de nät som finns inom landet, som kommunicerar på lika villkor. Kartan visar också hur Sunet och dess tjänster kopplas in genom ett antal knutpunkter i Sverige och annorstädes. I Europa är forskningsnätet GÉANT dominerande för NORDUnets del, men svenska Netnods knutpunkter har anslutning till andra, kommersiella nät. Allt annat Internet kommer in till Sunet via NORDUnet.
2. **Nivå två** visar hur Sunet, genom NORDUnet kopplas till olika knutpunkter världen runt. NORDUnet är anslutet till en mängd knutpunkter (IX), har egna peeringpunkter och egna förbindelser till olika världsdelar. Betydande forskningsprojekt över hela världen är också utsatta på kartan.
3. **Sunets stamnät**, alltså det blå molnet i påföljande bild, beskrivs i denna artikel: <https://www.sunet.se/blogg/we-have-liftoff-del-1-av-2/>
4. **Sunets anslutning i stadsnätet**, som inte visas i påföljande bild, beskrivs i denna artikel: <https://www.sunet.se/blogg/langlasning-folja-fiber-fran-tulegatan-till-stockholms-universitet/>

VARAV BESTÅR INTERNET?

Internet är sammansatt av användare och tjänstleverantörer.

Tjänsterna är den informationslevererande delen av Internet, medan användarna är de som konsumerar informationen. Det finns i huvudsak tre olika typer av leverantörer.

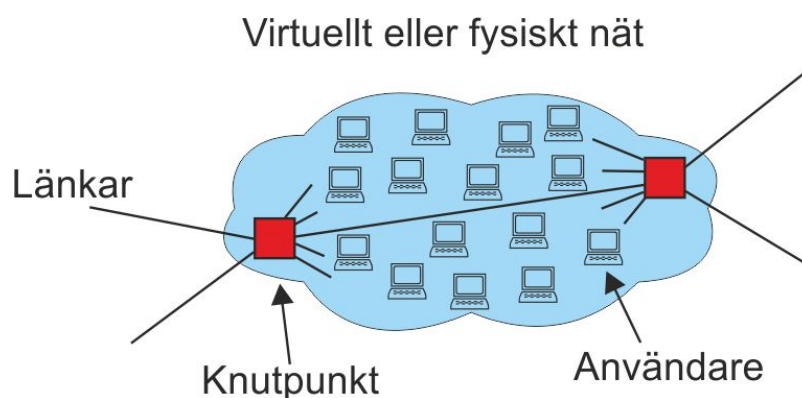
ISP, Internet Service Provider eller nätleverantör som levererar förbindelser.

IXP, Internet Exchange Provider eller knutpunkt som levererar sammankopplingar mellan nät. En peeringpunkt är en typ av knutpunkt, mindre allmängiltig och ofta mindre än Netnod som är en hel knutpunktsindustri.

CDN, Content Delivery Network, eller innehållsleverantör.

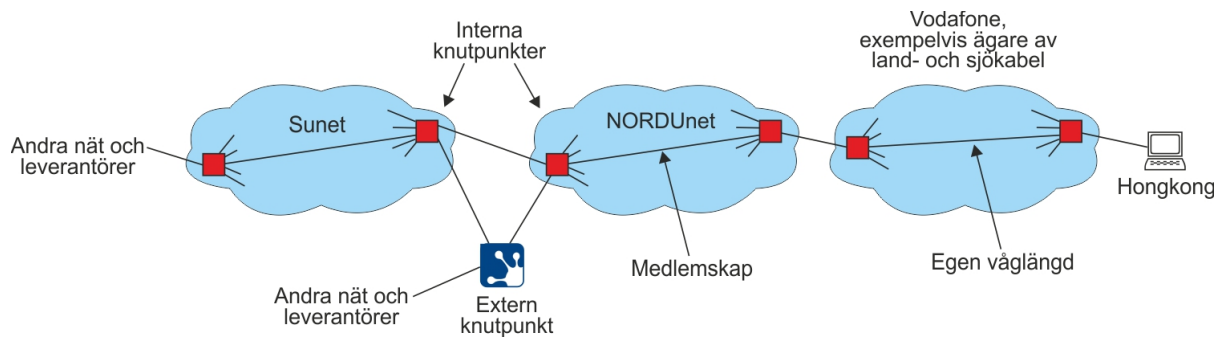
Ingen av dessa är distinkta enheter utan ett företag kan ägna sig åt en eller flera av dessa verksamheter. En innehållsleverantör som Netflix sysslar bara med att leverera innehåll till olika knutpunkter och därigenom till olika nätverk, medan en innehållsleverantör som Akamai inte har något eget innehåll utan ägnar sig åt att leverera sina kunders innehåll till användare. Google är många saker. De är en fiberleverantör, en innehållsleverantör, en nätleverantör och en molntjänst med Software-as-a-Service osv. Facebook är också en typisk innehållsleverantör som har en hall i Luleå, men intressant nog är ansluten till bland annat Netnod i Stockholm.

TeliaSonera är en global aktör som försörjer sig på att sälja åtkomst till Internet. De äger dessutom en betydande del av Internets fysiska infrastruktur och köper därför ingen transit av andra, utan säljer. Telia är en av världens största aktörer och peerar (delar data jämlikt) bara med världens tio största nät. Alla andra får betala. NORDUnet betalar TeliasSonera för transit till platser dit NORDUnet inte når själv.



Alla fysiska nätverk innehåller en eller flera *interna* knutpunkter, i detta fall snarast "datahopsamlingspunkter-för-data-som-ska-ut" genom vilka de ansluter med länkar till andra nätverk, även om det finns externa, specifika knutpunktsleverantörer som Netnod. Sunet är inget undantag utan innehåller egna datahopsamlingspunkter, exempelvis på Tulegatan och i Fredhäll, anslutna till andra knutpunkter och andra nätverks interna knutpunkter.

Varje land med självaktning har ett antal knutpunkter, som NIX (Norge) och LINX (London i England) och AMS-IX (Amsterdam i Holland). Svenska Netnod driver knutpunkter i våra stora städer men är klåfingrigt nog att ha en i Köpenhamn också, där det finns en bra bro att dra fiber över. En knutpunkt är en datorcentral där flera olika nätleverantörer möts och utbyter trafik.

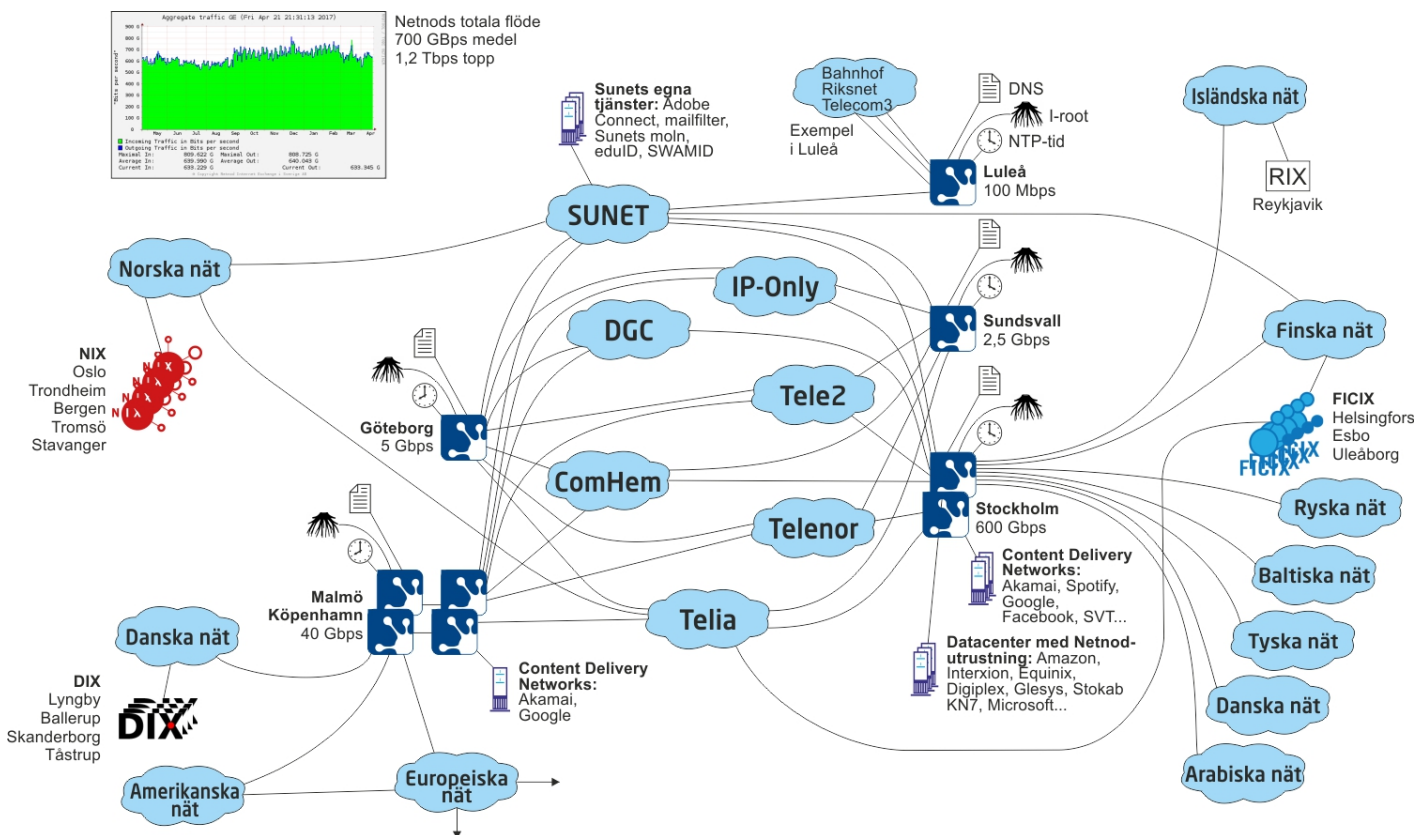


Det går inte att sätta likhetstecken mellan ett fysiskt nät och en nätoperatör och dennes verksamhet. Ett nät kan vara både fysiskt och virtuellt.

Sunet finns huvudsakligen i Sverige, men genom att skaffa sig medlemskap i NORDUnet och andra forskningsnät utanför Sverige kan man hävda att Sunet "finns" eller kan nås i resten av världen. Skaffar Sunet transit (enkel dataöverföring) som medlem i GÉANT, där det är en demokratisak för alla forskningsnät att vara med, kan man säga att Sunet, via NORDUnet sträcks ut i hela Europa. Men om Sunet köper en våglängd av ett kommersiellt nätverk som exempelvis Vodafone Global för att få närvaro i Hongkong, kan man då säga att Sunet "finns" i Hongkong? Ja, för det står en router där tillhörande NORDUnet, så Sunet finns fysiskt i Hongkong.

Sunet och väldigt många andra forskningsnät i världen har gått samman i organisationen eduroam, som finns representerad i olika nät i Sverige. Ett exempel på ett sådant nät är The Cloud, en nätägare som ägnar sig åt att bygga ut trådlös täckning på offentliga platser i landet, som flygplatser, järnvägsstationer, hotell, bibliotek osv. Sunet har inget alls med The Cloud att göra rent fysiskt utan samarbetsprojektet syns bara som SSID "eduroam" för den som vill logga in. För en svensk student vars lärosäte är med i eduroam kan man filosofiskt säga att Sunet "finns" även i The Clouds trådlösa värld.

NIVÅ 1: SUNET I NÄRMILJÖN



Den här kartan är översiktlig och visar bara de stora sammanhangen. NORDUnet saknas till exempel i denna skala. Det finns dessutom betydligt flera svenska nät och innehållsleverantörer än vad som visas. Vissa av Netnods knutpunkter är dubblerade av redundansskäl med dubbla länkar i stadsnäten. Den fullständiga listan hittar du på

<https://www.netnod.se/ix/networks>.

Du ser principen med att Sverige har ett antal kommersiella nät som är anslutna på lika villkor till Netnods knutpunkter i de stora städerna. Tanken med att ha flera knutpunkter är att trafik som skapas på ett ställe i landet och ska till ungefär samma ställe fast på ett annat nät ska fraktas till närmaste knutpunkt och utväxlas med det andra nätet. Det är peering. Allt i syfte att minimera belastningen på båda näten.

En av fördelarna med att ha flera nät som täcker i stort sett samma områden är redundansen. Skulle ett nät gå sönder blir inte alla abonnenter i området lottlösa utan abonnenter på övriga nät kan fortfarande kommunicera. Den andra orsaken är konkurrensen. De svenska stadsnäten är leverantörsneutrala och fastighetsägare, kommuner och företag kan välja fritt vilket av de kommersiella näten man vill ansluta sig till genom stadsnätet.

De stora **innehållsleverantörerna** som Akamai, Spotify, Twitter, Google och Facebook har lokala mellanlager (cachar) överallt där trafiken är tung och efterfrågan är hög. Det är också ett sätt att minimera belastningen på näten. Annars skulle det innehåll som tjänsten matar ut potentiellt behöva transporteras över hela världen.

Outsourcingföretag och **molntjänster** som Amazon, Interxion, Valve, Sunets moln med flera drar ofta egna fibrer till de stora knutpunkterna.

De svenska **superdatorerna** står på de svenska lärosätena i Linköping, Stockholm, Umeå etc och ingår i superdatornätet SNIC (Swedish National Infrastructure for Computing). SNIC använder sig emellertid av Sunet för sina transporter och syns inte särskilt på kartan.

Det är svårt att rita en karta utan att det blir till en fysisk karta, men man måste förstå att ett lands nät ingalunda håller sig inom landet. Nätverksvärlden har inga geografiska gränser. Många norska nät är direkt anslutna till Stockholm via någon form av transport. Finska nät håller sig inte bara till FICIX, utan kan lika gärna vara direkt anslutna till Stockholm eller Amsterdam, även om finnarna själva utbyter trafik nationellt via FICIX.

Stadsnäten visas inte i kartan ovan, men du får föreställa dig att alla abonnenter i städerna, alla knutpunkter, outsourcinghallar och andra tjänstleverantörer ligger inbäddade i ett moln av stadsnätfiber, som ansluter dem till de landsomfattande stamnäten.

PLANSCH ATT HA PÅ VÄGGEN

Gillar du kartorna kan du klicka [HÄR](#) och få en högupplöst PDF att skriva ut och hänga på väggen, att ha i undervisningssyfte eller liknande.

OM NETNOD

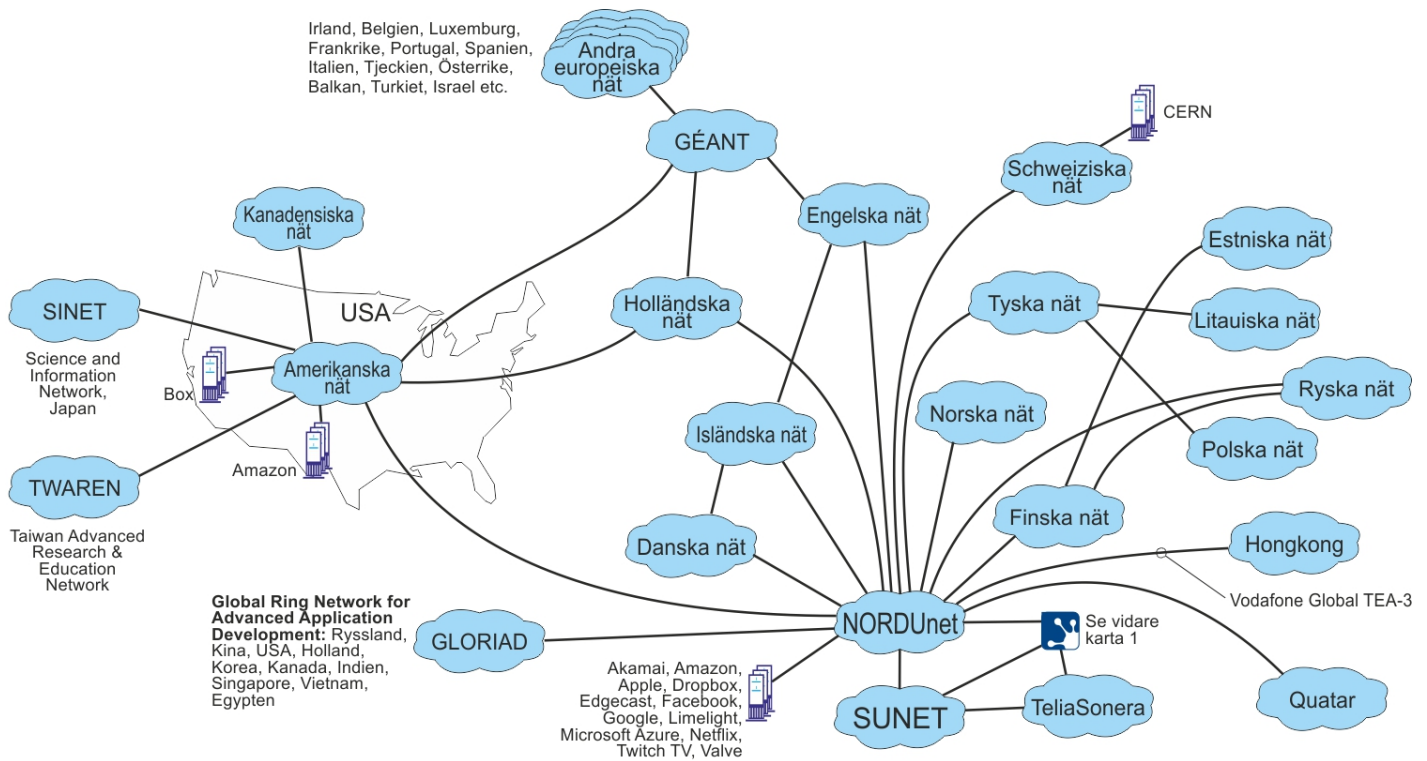
Netnod har arbetat med knutpunkter på Internet i 20 år och är en ideell, neutral och oberoende organisation för internetinfrastruktur i Sverige. Netnod har dessutom egna tjänster som förmedlas till Internet, nämligen realtid från atomklockor, DNS-tjänsten och rotnamnservrarna. Detta avspeglas till hundra procent av menyraden på deras webbplats: IX – DNS – I-root – NTP.

Det är värt att notera att NORDUnet ansluter till olika länders knutpunkter, som DIX, FICIX och NIX och många av ländernas nät, medan Netnod mest ansluter till nätens interna knutpunkter i de olika länderna. Netnod är huvudsak ett antal stora dataväxlar i de större städerna dit olika nätoperatörer kan skicka sin trafik för utbyte med andra operatörer.

Och det är inte heller helt sant, utan lika luddigt som resonemanget i förra avsnittet. Netnod har några egna nät. Det viktigaste kanske är länkarna som förbinder Netnods hallar i Malmö och Köpenhamn. I Stockholm, Göteborg och Malmö finns några kommersiella datorhallar (Interxion, Equinix med flera) i vilka Netnod har utrustning för att outsourcingkunderna som har sin utrustning i sagda datorhallar ska kunna utbyta data via Netnod på nära håll. Ledningarna mellan Netnods centrala knutpunkt och sagda hallar utgör i sig själv ett mindre stadsnät. Man kan säga att detta nät i sin tur är en distribuerad knutpunkt.

Det är så Internet blir till, när alla utbyter data med varandra.

NIVÅ 2: NORDUNET I VÄRLDEN



Kartan visar hur NORDUnet sträcker sina tentakler ut i världen för att utbyta data. Kartan är översiktlig. Den fullständiga listan med förbindelser hittar du på <http://stats.nordu.net/connections.html>.

En egenhet med att rita en karta över Internet är att oavsett vilken startpunkt man väljer, kommer Internet att se ut som en trädstruktur med den valda punkten som rot. Här har jag valt Sunet som rot. Skulle man istället rita kartan med Chalmers eller Facebook som rot, fick den ett annat utseende. Kartan gör ingen skillnad på hela länders bestånd av nät och större gemensamma nätstrukturer som GÉANT. Kartan visar på intet sätt några fysiska sträckningar, utan visar på de logiska signalvägarna, och dessutom bara ett mindre urval av dem, nämligen bara de som NORDUnet utnyttjar. Anledningen till att det finns så många vägar till exempelvis Netnod är att uppnå redundans.

Återigen blir det svårt med det absolut geografiskt korrekta. Både NORDUnet och Sunet finns exempelvis geografiskt på Tulegatan och sammanbinds genom med interna kopplingar, samtidigt som både Sunet och NORDUnet har interna knutpunkter i Malmö. Ändå är det två skilda enheter, rent administrativt. NORDUnet är inte bara en idé, ett virtuellt nät, utan nätet består av egna, fysiska fiberförbindelser. Om du jämför med förra kartan, ser du att NORDUnet inte nödvändigtvis utbyter data (peerar) på samma ställen som Sunet. Var man vill peera är en fråga om var den mesta trafiken från just mitt specifika nätverk går.

Metoden att ta sig ut i världen utanför de svenska knutpunkterna är att hyra en våglängd på en eller flera fibrer. Via nät som GÉANT har NORDUnet kostnadsfri tillgång till andra forskningsnät i Mellanöstern, Asien, Afrika och Sydamerika, även om NORDUnet är det forskningsnät som är minst beroende av GÉANT av alla i världen och till stor del använder egna förbindelser.

De små serversymbolerna i olika länder visar på de tjänster och innehållsleverantörer av akademiskt natur som NORDUnet hämtar data ifrån.

KORT OM DE INKOPPLADE TJÄNSTERNA

Både Sunet, NORDUnet och Netnod matar ut en mängd tjänster till de nätverk som utgör Internet.

DNS: En domännamnserver erbjuder tjänsten att tolka ett domännamn och lämna tillbaka en fysisk IP-adress. En människa som vill besöka en webbplats förstår bara adressen "www.sunet.se", men det förstår inte webbläsaren som ska leta fram webbplatsen. Därför tar webbläsaren hjälp av den tolk som finns närmast användaren. Med "www.sunet.se" som indata och lämnar DNS-servern tillbaka verkliga, fysiska adressen 192.36.171.231. Det är viktigt att DNS-servrarna finns överallt och är snabba, dvs klarar belastningen. Skulle en av dem gå sönder måste det finnas flera som kan ta över, annars stannar i stort sett hela Internet.

Rotserverar: Domännamnsystemet på Internet är uppbyggt som ett träd där alla förfrågningar sker uppåt i trädet, mot roten. Om en DNS-server inte har svaret på en DNS-förfrågan, frågar den uppåt. Allra överst finns rotservern som ska ha alla svaren. Data från rotservern kan flöda nedåt till de DNS-serverar som behöver det. För att minska belastningen på rotservern finns det tretton stycken likvärdiga serverar i hela världen, varav Netnod har en i varje knutpunkt.

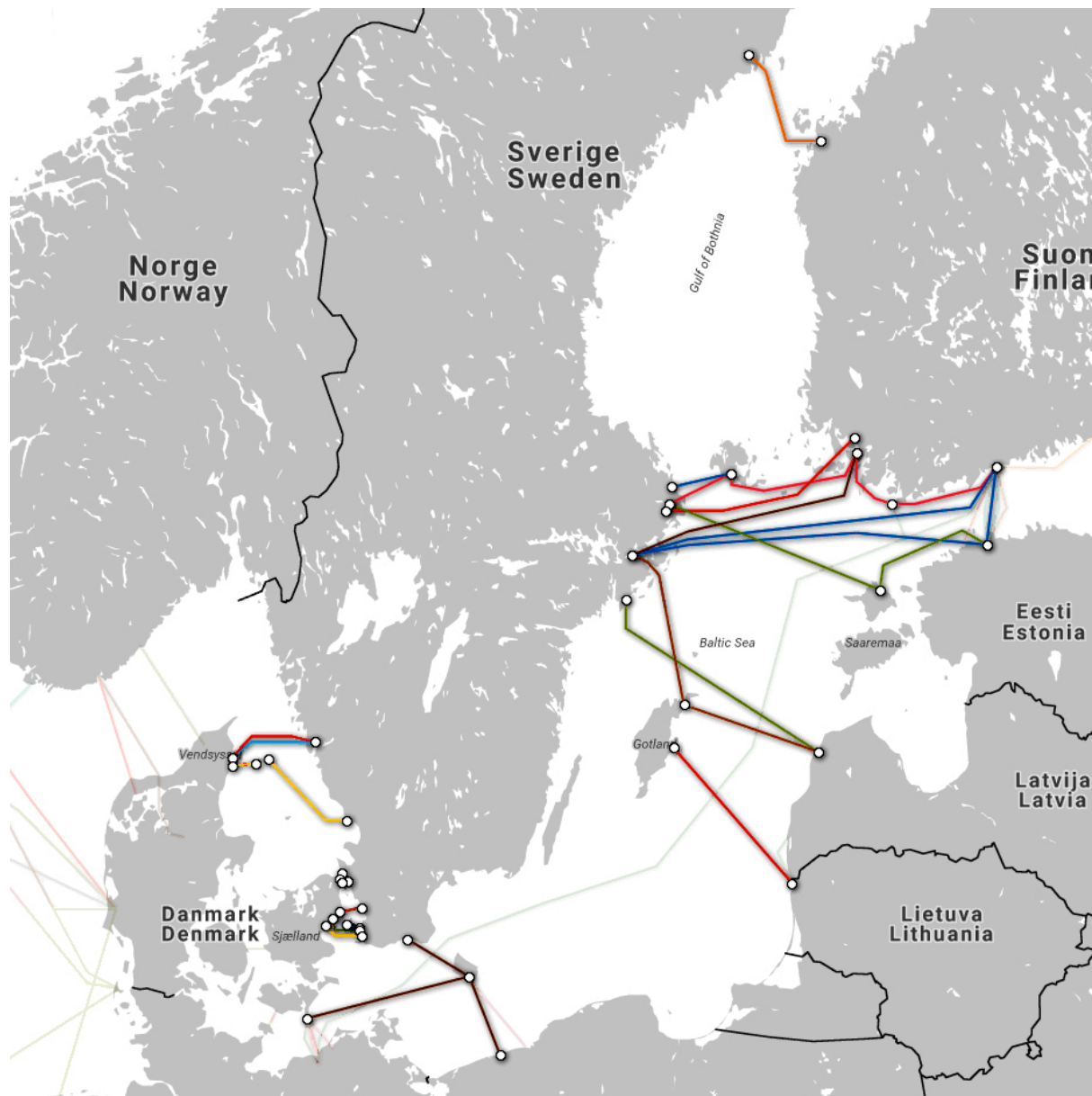
NTP: Network Time Protocol är det överföringsprotokoll som används för att transportera realtid från tidsserverar och ut till de användare som behöver exakt tid. Så fort du exempelvis startar Windows, frågar det en tidsserver efter exakt tid, viken sedan visas på skärmen nere i högerhörnet. I Sverige "lagras" tiden i ett distribuerat lager av atomklockor som matar var sin NTP-server med exakt tid ned på mikrosekunden när. Netnod administrerar dessa tidsserverar och ansluter dem i sina samtrafikpunkter.

CDN: Ett Content Delivery Network eller en innehållsserver är en eller flera serverar som levererar förutbestämt innehåll till nätet på strategiska platser, lämpligen där belastningen eller behovet är som störst, som till exempel i centrala Stockholm. Typiska CDN är Akamai, Netflix, Twitter och Spotify som alla har en mängd data som ska lämnas ut till kunder fort. Att ständigt behöva transportera ut alla Netflix filmer om och om igen från en central i exempelvis USA till Stockholm skulle belasta atlantförbindelserna i onödan och kosta pengar för Netflix. Istället mellanlagrar de allt sitt material i olika datorhallar i Stockholm och kan mata ut därifrån. Det enda som transporteras från USA är förändringar, vilket är en mycket mindre dataström.

SJÖKABLAR FRÅN SVERIGE

Alla länkar som går från Sverige och ut i världen, hur kommer de ut från Sverige? De går i sjökablar som ligger på havsbotten. Några av dem går över till Danmark på Öresundsbron, men de allra flesta ligger förlagda på havsens botten.

Håll isär nätet och kabeln. En kabel kan transportera många hundra våglängder på multipla optiska fibrer, men är i sig själv nätneutral. En nätägare kan köpa överföring via kabeln genom att skaffa sig tillgång till en av dessa våglängder.



Kartan är fri att använda, men är copyright PriMetrica, Inc.

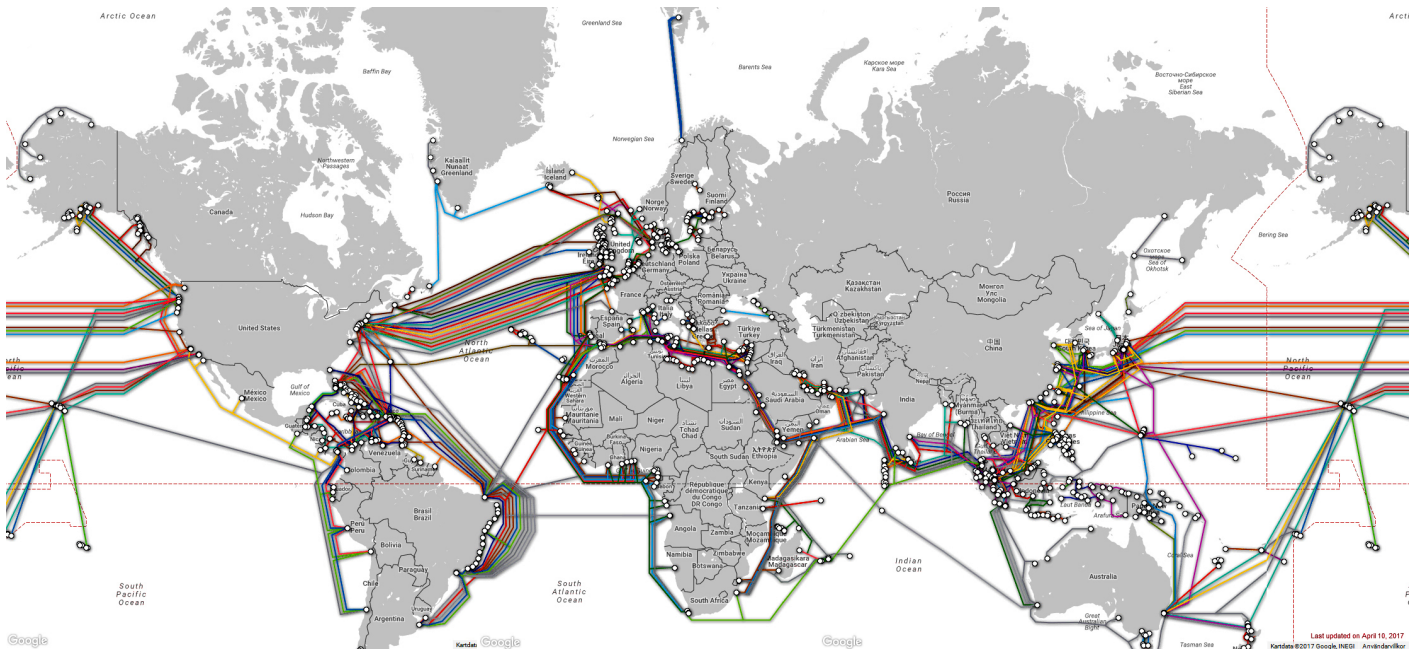
Sverige ligger relativt nära sina nordiska grannar och sjökablarna är korta. Åland fungerar som bra språngbräda för kablarna till Finland. Efter Baltikums frigörelse 1991 började kablar till Estland, Lettland och Litauen rullas ut på havsbotten också. Något senare började Sverige och Finland lägga ut kraftkablar på samma havsbotten för att kunna köpa och sälja elkraft från och till Baltikum.

Idag har alla de baltiska länderna egna forskningsnät, som estniska EENet (Estonian Education and Research Network), lettiska SigmaNet och litauiska Litnet och det är värt att notera att Estland var väldigt tidiga i Baltikum med att skaffa en egen nätsäkerhetsbyrå. CERT-EE bildades år 2006 och fick sitt eldprov i anslutning till cyberangreppet mot landet år 2007. NATO har valt att förlägga sin Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence i Tallinn, medan Helsingfors fått stå värd för NATOs byrå European Centre for Countering Hybrid Threats avsedd att möta informationshotet mot Europa.

Man kan också notera att Litauen anses vara det land i världen som har bäst offentlig wifi-täckning.

SJÖKABLAR I HELA VÄRLDEN

Kartan nedan visar Internets sanna penetration av hela världen. Jorden är inspunnen i ett alldeles ofattbart nät av sjökablar.



Kartan är fri att använda, men är copyright PriMetrica, Inc.

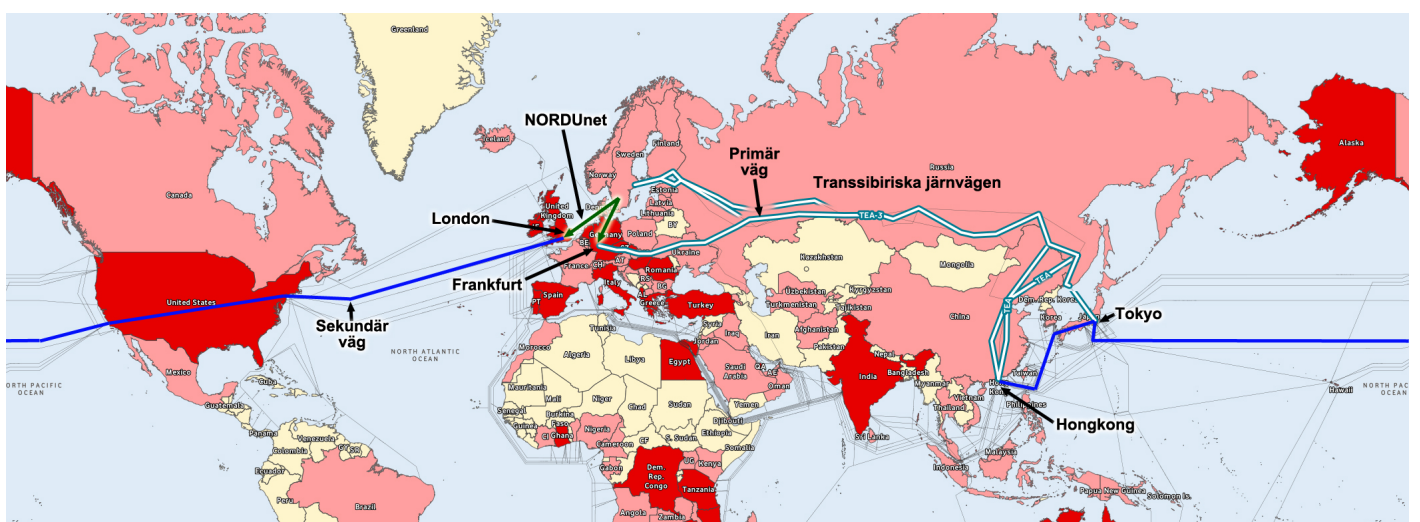
De kablar som visas på kartan har en kapacitet på minst 5 Gbps. Kablarna ligger inte precis så där på havsbotten utan har spritts ut för överskådlighetens skull. Kablarnas landstationer ligger inte heller exakt där ringarna på kartan visar utan ska bara tas som en allmän anvisning om var kablarna når land.

Man kan som exempel ta den ultralånga sjökabeln Sea-Me-We-3 (South East Asia Middle East Western Europe). Den är en i en serie sjökablar som sträcker sig runt halva Jorden. Den är 39.000 kilometer lång, började läggas ut år 1997, var färdig år 2000 och samägs av ett trettiotal operatörer. Listan börjar med Orange, British Telecom, KDDI, SingTel, Telecom Italia Sparkle, Telekom Malaysi, etc. Kabeln börjar i staden Norden i Tyskland och gör bland annat avstickare till Spanien, Turkiet, genom Suez, vidare till Etiopien, Indien, Malaysia, Australien, Kina, Japan och Sydkorea. Det är en lång kabel!

Sea-Me-We-3 har två fiberpar som vart och ett överför 64 våglängder om 10 Gbps i DWDM-konfiguration. Kabeln ska totalt klara att överföra 4,6 Tbps.

JORDEN RUNT PÅ 80 MILLISEKUNDER

Det finns lika många fiberkablar på land som på havsbotten. I och med att Karolinska Institutet etablerat sig i Hongkong behövs en snabb förbindelse dit från Sunet.



Det finns två vägar, en snabb primär väg och en långsammare reservväg. När Sunet ska till Hongkong tar man företrädesvis vägen genom Ryssland.

Sunets primära väg går via NORDUnet till Frankfurt, där NORDUnet har köpt en förbindelse via Vodafone Globals kabelsystem TEA-3 och TEA (Transit Europe-Asia) som går via Ryssland och Kina till Hongkong. Som du ser finns det massor av fiberkabel utlagd längs Transsibiriska järnvägen. Sjökablar är bara svagt markerade på Vodafones karta.

Man hade kunnat gå genom sjökabeln från Marseille, via Egypten, under Indiska oceanen söder om Indien, men det skulle ha tagit cirka 40 millisekunder längre tid än över land.

Utöver detta finns också den sekundära förbindelsen, som NORDUnet når via London, sjökabeln under Atlanten, över hela USA, mera sjökabel under Stilla havet, via Tokyo och det japanska forskningsnätet SINET och fram till Hongkong. Denna väg är betydligt långsammare, men fungerar som reserv ifall något skulle hända med kabeln genom Ryssland.

AVSLUTNING

När du nu har kunskap om de fyra nivåer som utgör Sunets utbredning, har du all information om hur Sunet är kopplat i alla skalor, från den lokala stadsnätets fibern upp till de globala viorna och tjänsterna på de övriga kontinenterna. (Återstår bara kopplingarna ut i världsrymden, när de kommer.)

Det är Internet!

LÄS MER

Belastningskarta för NORDUnet: <http://stats.nordu.net/stat-q/load-map/ndn-map,,traffic,peak>

Belastningskarta för Sunet: <http://stats.sunet.se/stat-q/load-map/SunetC-core,,traffic,peak>

Belastningsdiagram för Netnod: https://www.netnod.se/ix-stats/14all_ix-load-public.pl?dir=Stockholm/GEB/

Anslutna till Netnod: <https://www.netnod.se/ix/networks>

Danska DIX: <http://dix.dk/connectednetworks/>

Finska FICIX: <https://www.ficix.fi/>

Norska NIX: <http://www.uio.no/tjenester/it/nett/fastnett/nix/>

Isländska RIX: <https://www.rix.is/english/>

NATO CCD COE: <https://ccdcoe.org/>

NATOs byrå mot hybridhot: http://www.nato.int/cps/en/natohq/news_143143.htm

Nätverkskartor i urval

NORDUnets nätverkskarta: <https://www.nordu.net/content/nordunet-network-map>

Vodafone Global: <http://globalnetworkmap.vodafone.com/?entity=TEA-3&type=cable&layer=broadband&location=41.244772343082076,-28.037109375,3>

Hurricane Electric (vacker!): <http://he.net/3d-map/>

Colt technology services: <http://www.colt.net/our-network/>

RETN.net: <http://retn.net/networkmap/>

GÉANTs nätkarta: www.geant.org/Resources/Documents/GEANT_topology_map_jan2017.pdf

Sea-Me-We-3: https://en.wikipedia.org/wiki/SEA-ME-WE_3

Alla sjökablar: <http://www.submarinecablemap.com/>

Alla sjökablar, lista: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_international_submarine_communications_cables

Skriven av



JÖRGEN STÄDJE

Jag heter Jörgen Städje och har skrivit om teknik
och vetenskap sedan 1984. Friskt kopplat, hälften
brunnet!