



Jan Michielsen, Jan Bot

SURFnet

Nederlandse netwerkinfrastructuur voor wetenschappers maakt onderzoeksdata wereldwijd real-time beschikbaar.

Harde schijven met onderzoeksdata in een vliegtuig de oceaan oversturen is niet meer van deze tijd. Onderzoekers hebben behoefte aan een snellere en meer betrouwbare manier om grote hoeveelheden data te delen. Met de Nederlandse netwerkinfrastructuur van SURFnet is dat mogelijk. Hoe ziet deze netwerkinfrastructuur eruit en hoe maken onderzoekers er gebruik van?

Onderzoekers, met name in de bèta- en medische wetenschappen, voeren steeds vaker projecten uit waarvoor een snelle netwerkverbinding onontbeerlijk is. Ze willen bijvoorbeeld grote databestanden versturen om deze elders op te slaan, of rekenkracht op afstand gebruiken om complexe berekeningen uit te voeren. Voor dit soort taken is niet alleen snelheid van belang, maar ook betrouwbaarheid en kwaliteit: onderzoekers stellen hoge eisen aan een netwerkverbinding,

zoals een lage latency en weinig jitter. Verder willen onderzoekers eenvoudig verbindingen kunnen opzetten. Ze werken met veel andere onderzoekers samen, verspreid over de hele wereld, en willen de flexibiliteit hebben om voor een bepaalde tijdsduur (on-demand) een verbinding op te zetten.

Aan deze eisen kan een standaard internetverbinding niet voldoen. Het Nederlandse onderzoeksnetwerk kan dat wel: het biedt naast IP-verbindingen ook lichtpaden.

Lichtpaden

SURFnet is de internetprovider van onder andere universiteiten, hogescholen en Universitair Medische Centra (UMC's) in Nederland. Dagelijks hebben bijna 1 miljoen mensen toegang tot het glasvezelnetwerk van SURFnet. Het verwerkt op jaarbasis ongeveer 48.000 TB inkomend verkeer en 36.000 TB uitgaand IP-verkeer. Via dit netwerk beschikken aangesloten instellingen over netwerkverbindingen van 1, 10 of 100 Gbit/s. Innovatieve technologieën op het vlak van onder andere IPv6, DNSSEC, Carrier Ethernet, fotonica en routing-security worden continu geïmplementeerd in het netwerk, zodat instellingen daar snel over kunnen beschikken. Zie ook het kader 'Hoe wordt een verbinding tot stand gebracht?'.

Naast standaard IP-verbindingen biedt SURFnet via het netwerk ook een dienst die specifiek voor onderzoekers interessant is: lichtpaden. Een lichtpad is een rechtstreekse optische dataverbinding tussen twee punten in het netwerk, buiten het reguliere internetverkeer om. Zo'n verbinding biedt een gegarandeerde betrouwbaarheid en snelheid. Lichtpaden zijn verkrijgbaar van 250 Mbit/s tot 10 Gbit/s, straks ook 40 en 100 Gbit/s. Onderzoekers kunnen deze lichtpaden flexibel gebruiken: ze kunnen zelf een verbinding opzetten. Dat kan handmatig, maar ook automatisch, bijvoorbeeld als een onderzoeker in Leiden wekelijks gegevens wil binnenhalen van een supercomputer in Amsterdam.

Voor onderzoekers is dit netwerk, en met name de lichtpaden, van groot belang voor hun complexe onderzoeksprojecten. Maar alleen met een netwerk zijn ze er niet. Ze hebben behoefte aan een e-infrastructuur: een infrastructuur die centrale opslag en rekencapaciteit, grid-infrastructuur en lichtpadverbindingen met elkaar combineert. Via het SURFnet-netwerk is het eenvoudig om een lichtpadverbinding op te zetten naar een instrument (bijvoorbeeld een microscoop), een centrale opslagruimte of een rekencluster.

Internationaal

Onderzoekers werken niet alleen samen in Nederland, maar

wereldwijd. Dus willen ze ook wereldwijd kunnen beschikken over snelle, betrouwbare dataverbindingen. Dat kan via SURFnets internationale lichtpadenknooppunt NetherLight. Op dit knooppunt in Nederland kunnen organisaties aansluiten met een eigen glasvezelverbinding. Daarnaast beschikt SURFnet zelf over directe verbindingen met instellingen in Europa en Amerika, waaronder CERN in Genève. Omdat er over de hele wereld knooppunten zijn zoals NetherLight, die samenwerken in de Global Lambda Integrated Facility (GLIF), ontstaat er een heel netwerk van lichtpadverbindingen. Wetenschappers bij aangesloten instellingen kunnen deze verbindingen via NetherLight gebruiken. Een onderzoeker in Amsterdam kan bijvoorbeeld real-time rekenen aan gegevens in een database op een Amerikaanse universiteit zonder dat er een aparte glasvezelkabel tussen deze twee punten nodig is. Hierna volgen een aantal voorbeelden van internationale wetenschappelijke projecten waarbij lichtpaden hun nut bewijzen.

DNA-structuur blootleggen

Met Next Generation Sequencing is het mogelijk om de complete DNA-structuur van een persoon te ontrafelen. Deze techniek wordt gebruikt bij onderzoek naar geneesmiddelen en het voorkomen van aandoeningen. Onderzoekers verzamelen data en laten die analyseren door gespecialiseerde bedrijven. Complete Genomics in de Verenigde Staten is zo'n bedrijf. Het gaat hierbij om zeer grote databestanden van zo'n 400 GB voor de DNA-structuur van één persoon. Die stuur je niet even via e-mail of Dropbox.

Tot voor kort werden de data op harde schijven met een vliegtuig verstuurd, waardoor veel kostbare tijd verloren ging. Om daar een eind aan te maken, is een uitgebreide e-infrastructuur opgezet. De kern daarvan vormen lichtpadverbindingen van 1 Gbit/s via NetherLight. Er is één vast intercontinentaal lichtpad tussen SURFnet en Complete Genomics. Daarnaast zijn er on-demand lichtpaden tussen SURFnet en tien Nederlandse onderzoeksinstituten. Via deze infrastructuur kunnen onderzoekers altijd real-time beschikken over de gege-

Hoe wordt een verbinding tot stand gebracht?

Een IP- of lichtpadverbinding in het SURFnet-netwerk komt tot stand via een aantal lagen, ingedeeld volgens het OSI-model (het ISO-referentiemodel voor Open Systems Interconnection). Via die laagstructuur laat het netwerk zich goed beschrijven.

Laag 0/1: optisch netwerk

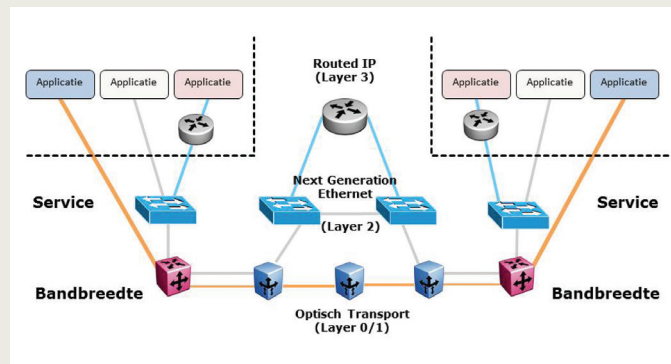
Het SURFnet-netwerk bestaat uit ongeveer 11.000 km glasvezelkabel: zie de openingsscan van dit artikel. Op deze glasvezelverbindingen is een optisch netwerk gebouwd in een ringstructuur. De vijf grootste ringen zijn in kleur weergegeven. De twee grote SURFnet points-of-presence (PoP's) in Amsterdam vormen het hart van deze ringen. Op deze locaties staan de IP-routers en de apparatuur van NetherLight. Vandaar koppelt het SURFnet-netwerk

met externe partijen zoals andere onderzoeksnetwerken en commerciële providers. Ook de grootste aangesloten instellingen vormen PoP's op de vijf grote ringen.

In zwart zijn een aantal regionale netwerken weergegeven die dienen om kleinere instellingen op het SURFnet-netwerk aan te sluiten. Tenslotte zijn er binnen grotere steden nog 'stadsringen' waarop instellingen binnen die stad aangesloten zijn.

De apparatuur die nodig is om alle locaties met elkaar te verbinden, bevinden zich bij de aangesloten instellingen. Van deze points-of-presence zijn er zo'n 350 in Nederland.

Over het optisch netwerk worden verbindingen opgezet met



Het SURFnet-netwerk volgens het OSI-lagenmodel.

de aangesloten instellingen ten behoeve van internetaansluitingen of lichtpaden. Dat verloopt als volgt: lasers genereren hoogwaardige lichtsignalen (golflengtes) met verschillende kleuren. Deze golflengtes worden gecombineerd en vervolgens door één glasvezel gestuurd. Dit gebeurt met DWDM-technologie: dense wavelength-division multiplexing. Daarmee kan één glasvezel tot 88 golflengtes versturen, zodat de glasvezels optimaal benut worden. Elke golflengte heeft een bandbreedte van 10, 40 of 100 Gbit/s.

Aan de ontvangstkant scheidt een splitter de golflengtes weer van elkaar en stuurt ze elk naar een eigen ontvanger. Die ontvangers zetten de optische signalen om in elektrische signalen voor verdere verwerking.

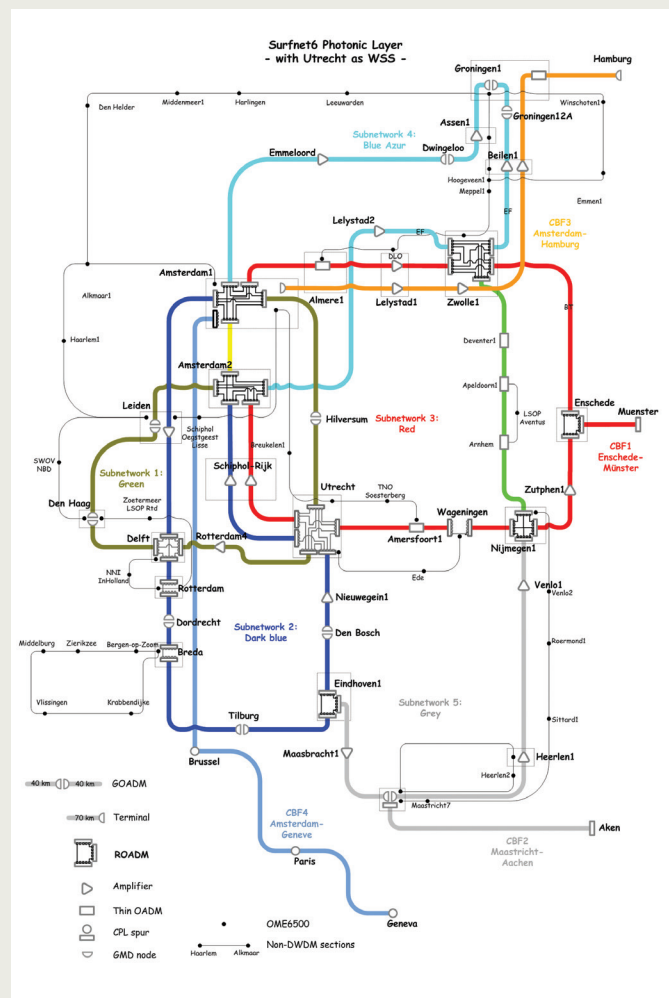
Laag 2: ethernetdiensten

Op laag 2 worden ethernetdiensten (lichtpaden of IP-verkeer) getransporteerd over het netwerk. De nieuwe generatie van het SURFnet-netwerk (oplevering in 2012) gebruikt daar de nog vrij nieuwe Carrier-Ethernet-technologie voor. Flexibiliteit is een van de sterke punten van deze technologie. Met het voorheen gebruikte TDM (Time Division Multiplexing) werd de beschikbare bandbreedte verdeeld in blokken van 150 Mbit/s, waardoor vaak capaciteit onbenut bleef. Met Carrier Ethernet kan het netwerk precies de gewenste bandbreedte leveren, en wordt het dus een stuk efficiënter.

Carrier Ethernet maakt ook grotere bandbreedtes mogelijk: in 2013 worden 100 Gbit/s-verbindingen in de core van het netwerk en met een aantal aangesloten instellingen opgeleverd. Tenslotte zorgt Carrier Ethernet voor besparing op apparatuur. Voorheen was voor elke ethernetdienst een aparte fysieke poort nodig met de bijbehorende (dure) apparatuur. Carrier Ethernet biedt Multi Service Port (MSP). Hiermee worden meerdere diensten geleverd via één fysieke poort. Scheiding van het verkeer op een MSP gebeurt op basis van Virtual LAN (VLAN) tagging. Op deze manier is er veel minder apparatuur nodig en kan het aantal poorten makkelijker worden uitgebreid, bijvoorbeeld als de instelling naast een IP-aansluiting later ook een lichtpad wil afnemen.

Laag 3: IP-routering

Op laag 3 wordt de internetdienstverlening van de instelling (verbinding met de rest van het internet) afgehandeld. Elke router bij een instelling is via de ethernetdienstenlaag gekoppeld aan de twee SURFnet-routers op de core-locaties in Amsterdam. In 2012 krijgt deze laag in het netwerk ook een upgrade en worden 100Gbit/s-verbindingen ingezet.



De ringstructuur van het optisch netwerk.

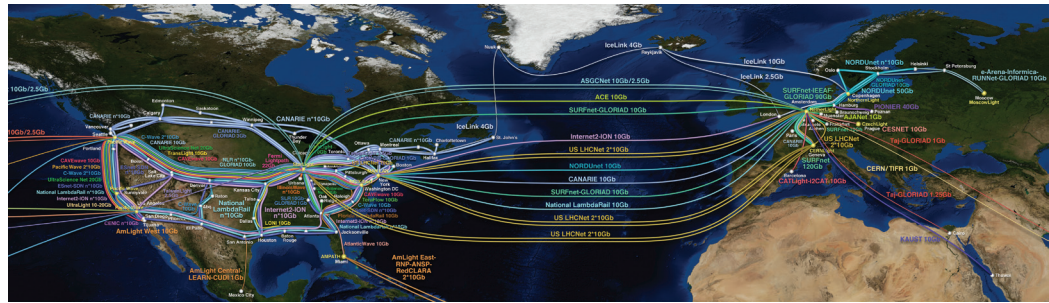
vens van Complete Genomics. De infrastructuur geeft echter ook toegang tot 20 TB opslagruimte bij SARA in Amsterdam en tot de rekenkracht van het Life Science Grid. Dat zijn twaalf rekenclusters bij Nederlandse universiteiten, die gezamenlijk aan zeer grote rekentaken kunnen werken.

Samenwerkende radiotelescop

Very Long Baseline Interferometry (VLBI) is een techniek in de radioastronomie waarbij meerdere radiotelescop tegelijk de natuurlijke radiostraling van hetzelfde object opvangen. Het combineren van de signalen van de verschillende telescopen levert een veel nauwkeuriger beeld op dan met een enkele telescop mogelijk is. Hoe groter de afstand (baseline) tussen de telescopen, des te hoger de haalbare beeldresolutie. Met VLBI wordt onder andere onderzoek gedaan naar quasars, zwarte gaten en pulsars.

Het European VLBI Network (EVN) is een samenwerking van radiosterrenkunde-instituten en observatoria, met partners in China, Zuid-Afrika, Rusland, Zuid-Amerika en Puerto Rico. De ruwe data van de radiotelescop van het EVN worden centraal verwerkt (gecorrigeerd) bij het Joint Institute for VLBI in Europe (JIVE) in Dwingeloo.

Vroeger werden de data (tot tientallen terabytes per experiment per telescop) op harde schijven opgeslagen en per post verstuurd. Het duurde dan lang voordat wetenschappers de resultaten van hun waarnemingen kregen. Nu is electronic-VLBI (e-VLBI) beschikbaar: lichtpad-



GLIF-infrastructuur van internationale lichtpadverbindingen.

verbindingen van 1 Gbit/s (en straks 10 Gbit/s) zorgen er nu voor dat de data real-time beschikbaar zijn voor de wetenschappers. Een groot voordeel daarvan is dat tijdens het experiment kan worden bijgestuurd, bijvoorbeeld als een telescop niet goed staat afgesteld.

Ook tijdelijke, onverwachte fenomenen (zogenaamde transients) kunnen met e-VLBI worden waargenomen: wanneer een transient zich voordoet kunnen snel observaties worden gedaan gedurende een aantal dagen of weken. Normaal zou het maanden kosten om deze observaties voor te bereiden. e-VLBI is dan ook zeer geschikt om ontplofende sterren waar te nemen, of zwarte gaten waar plots veel radiostraling vandaan komt. Maar ook andere fenomenen laten zich goed bestuderen, zoals pulsars en quasars en de geboorte van nieuwe sterren. Het is zelfs mogelijk om met e-VLBI de positie van ruimtevaartuigen met gps-achtige nauwkeurigheid te bepalen, zoals gedemonstreerd werd tijdens de afdaling van de Huygenslander naar de oppervlakte van Titan, een van de manen van Saturnus.

Op zoek naar nieuwe deeltjes

De Large Hadron Collider (LHC) is de deeltjesversneller van CERN in Genève. Hiermee zijn wetenschappers op zoek naar nieuwe deeltjes waarvan het bestaan wel vermoed wordt, maar nog niet bewezen is. Op die manier hopen ze te weten te komen of het standaardmodel van de deeltjesfysica klopt of niet. Er zijn diverse detectoren aan de LHC gekoppeld, elk voor onderzoek naar een bepaald soort deeltje. Een recent succes is de waarschijnlijke vondst van het Higgs-deeltje.

De LHC produceert een enorme hoeveelheid data: 700 MB per seconde, een 20 kilometer hoge stapel cd-roms per jaar. Eén datacentrum in Genève zou nooit voldoende capaciteit hebben om al die data te kunnen verwerken tot bruikbare informatie. Daarom is er een wereldwijde gridinfrastructuur opgezet die gebruik maakt van de capaciteit van de op het grid aangesloten instellingen voor het uitvoeren van berekeningen. Dat betekent ook dat wetenschappers over de hele wereld over de data kunnen be-

schikken. En dat kan real-time, dankzij de datadistributie via lichtpaden.

Het datacentrum van CERN in Genève slaat de ruwe data op, maakt er back-ups van en distribueert die naar elf grote datacentra wereldwijd. Eén daarvan bevindt zich in Nederland, namelijk de NL-T1, een samenwerking tussen SARA en onderzoeksinstituut Nikhef. De elf centra zijn met elkaar en met CERN verbonden door het LHC Optical Private Network (LHCOPN). De verbindingen in dit netwerk bestaan uit 10 Gbit/s-lichtpaden, waarvan er een aantal bij NetherLight samenkomen. SURFnet biedt daar directe connectiviteit tussen NetherLight en CERN via glasvezel voor aan. Hierop staan momenteel drie golf lengtes van 40 Gbit/s en één van 100 Gbit/s, waarover de lichtpaden getransporteerd worden. De elf grote datacentra verspreiden de data onder andere via lichtpaden naar universiteiten en onderzoekscentra. Daar kunnen wetenschappers er vervolgens aan rekenen. (nkr)

www.ct.nl/softlink/1210056



Samenwerkende radiotelescop in het European VLBI network.



Foto: Caroline Bijl

Jan Michielsens (links) is als technisch schrijver en webredacteur werkzaam bij SURFnet in Utrecht. Jan Bot is AiO bij de Universiteit Leiden waar hij onderzoek doet naar het toepassen van high throughput computing (HTC) en highspeed networking infrastructuur voor bioinformatica-applicaties.

dLAN® 500 – de snelste powerline oplossing

NIEUW

3 gigabit LAN-aansluitingen

leder stopcontact wordt
een netwerkaansluiting

**Ieder stopcontact wordt een
netwerkaansluiting**



dLAN® 500 AVtriple+

- Powerline-adapter voor de aansluiting van maximaal 3 netwerkapparaten dankzij ingebouwde gigabit-switch
- Supersnel thuisnetwerk via de stroomkabel tot 500 Mbps
- Verbindt computer en entertainment elektronica onderling en met het internet
- Eenvoudig en betrouwbaar: werkt in elke ruimte, in elk huis
- Geen verlies van stopcontacten dankzij het geïntegreerde stopcontact
- Compatibel met alle devolo-adapters uit de serie dLAN® 200 en dLAN® 500
- 3 jaar garantie

devolo

The Network Innovation



Meer informatie:

www.devolo.nl

devolo Netherlands · Tel.: +32 56 52 18 10 · info@devolo.nl