

Reiko Kaps

# In 128 bit rond de wereld

## IPv6-tools en -configuratie onder Windows en Linux

Iedereen praat over IPv6 alsof het iets van de toekomst is. In werkelijkheid draait het op de meeste computers allang naast het oude IPv4, zonder dat je er verder veel van merkt. Aan de hand van eenvoudige voorbeelden onder Windows en Linux gaan we op verkenning door dit netwerkprotocol, dat veel nieuwe functies en automatismen bevat. Anders schakelt je ISP binnenkort over en weet je het niet eens...



Op woensdag 8 juni 2011 om 2:00 uur MEZT (Midden-Europese Zomertijd) ging World IPv6 Day van start. En vierentwintig uur later, in de vroege morgen van negen juni, was het al weer voorbij. Het doel van de dag was om mogelijke problemen bij de overstap van IPv4 op IPv6 op het spoor te komen. Uit eerder onderzoek eind 2010 van RIPE NCC en Tore Anderson, netwerkingenieur bij het Noorse hostingbedrijf Redpill Linpro, was al gebleken dat zo'n 0,015 procent van alle IPv6-verbindingen op de een of andere manier met problemen te kampen zouden kunnen krijgen. In het ergste geval hebben gebruikers dan geen toegang meer tot het internet. Hoewel dat percentage op het eerste gezicht minimaal lijkt, betekent het toch dat daarmee vele honderdduizenden gebruikers met problemen te maken zouden kunnen krijgen. En geen

enkele zoekmachine of sociale netwerksite wil zich het ongenoeven van zoveel getroffen gebruikers op de hals halen. Op die achtste juni deden dan ook een groot aantal internetservices van naam, waaronder Facebook, Google, YouTube en Bing, mee aan World IPv6 Day en maakten hun websites behalve via IPv4 ook toegankelijk via IPv6.

### Praktijktest

IPv6-dag was vooral bedoeld voor grote internetpartijen. De meeste oorzaken van IPv6-problemen in netwerken zijn ook op andere manieren op te sporen. Daarvoor bieden verschillende internetorganisaties online tests aan, die je simpel in je browser kunt uitvoeren. Een voorbeeld van zo'n test die ook nog eens erg overzichtelijk is, is de IPv6Eychart van RIPE (<http://www.ipv6eyechart.ripe.net>). Deze beperkt zich tot de

belangrijkste informatie en laat heel handig zien welke websites je via jouw verbinding kunt bereiken. Daartoe verdeelt het de websites in twee groepen, namelijk websites die je via IPv4 en IPv6 kunt bereiken (dualstack) en websites die je alleen gewoon via IPv4 kunt bereiken. Ten tijde van IPv6-dag was de onderste groep (zie scan linksboven op p. 89) vrijwel identiek, maar waren de sites voor de test tijdelijk ook via dualstack bereikbaar. Een groen vinkje bij een site betekent dat deze vanaf je computer bereikbaar is, als er een rood kruisje bij staat is dat uiteraard niet het geval.

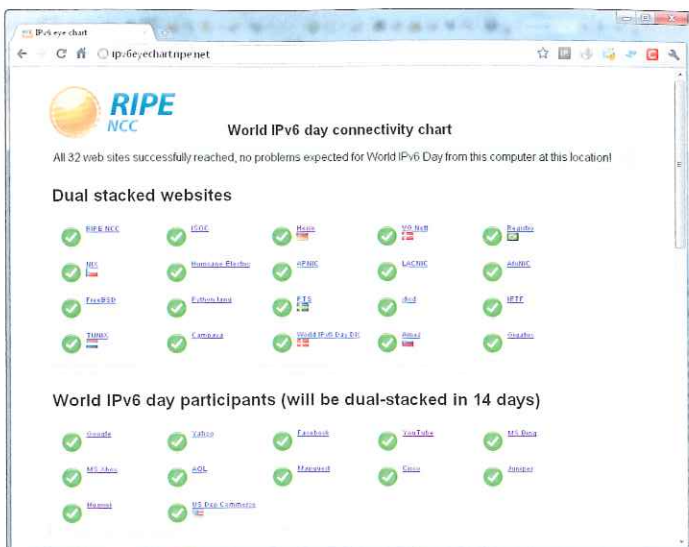
In het Amsterdam Science Park was op de woensdag van World IPv6 Day tegelijkertijd een conferentie rond IPv6 georganiseerd door ISOC NL, RIPE NCC, SIDN, AMS-IX en Stichting IPv6 Nederland. Gedurende de dag deed RIPE NCC metingen naar de bereikbaarheid van veel deel-

nemende websites. De gegevens daarvan kwamen gedurende de conferentie beschikbaar. Na afloop bleek de test een groot succes. Er werden geen grote problemen geconstateerd en de meeste kleine problemen werden snel verholpen, aldus RIPE. Zo kregen bezoekers die de website van Level3 Communications wilden benaderen via IPv6 slechts een 404-foutmelding te zien, maar dat bleek een fout in de webserverconfiguratie die verder niets van doen had met IPv6. Verder waren er wat fouten bij DNS-replies en netwerkfouten die niet toegeschreven konden worden aan het gebruik van IPv6, maar te maken hadden met menselijke fouten in de netwerkconfiguratie. Oftewel: niets staat het gebruik van IPv6 nog in de weg.

### Y2K-probleem?

Volgens gegevens van de Nederlandse IPv6 Taskforce, in het





Ook al vóór 8 juni kon je met online tests als [www.omgipv6day.com](http://www.omgipv6day.com) mogelijke IPv6-problemen in je eigen netwerk of bij je internetverbinding opsporen.

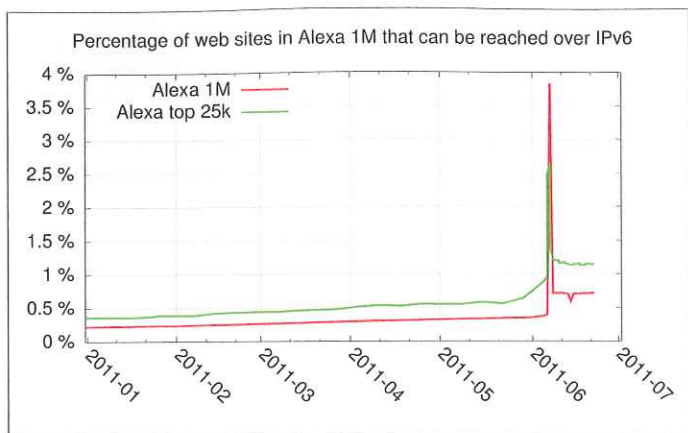
leven geroepen om bewustwording te creëren en kennis uit te wisselen bij overheidsinstellingen en het bedrijfsleven, worden er wereldwijd zo'n 195 miljoen IP-adressen per jaar uitgedeeld. Hiervan gaan er 2 miljoen per jaar naar Nederland en iets minder dan 1 miljoen naar België. Maar de vijf Regional Internet Registries (RIR's), de organisaties die wereldwijd verantwoordelijk zijn voor onder andere de coördinatie en uitgifte van internetadressen aan ISP's, raken vrijwel allemaal door hun voorraad beschikbare IPv4-adressen heen. Bij APNIC (Azië en de Pacific-regio) was de voorraad 19 april van dit jaar al uitgeput, voor onze RIPE NCC (Europa, Midden-Oosten en de voormalige Sovjetunie) is de prognose 29 februari 2012. Voor AFRINIC is dat 1 augustus 2013, voor ARIN (Noord-Amerika) valt de voorspelde D-day rond 24 november 2013 en voor LACNIC (Zuid- en Midden-Amerika) pas rond 30 april 2014.

De laatste jaren zijn grote internetproviders (ISP's) druk bezig geweest om hun backbone en de verbindingen naar hun zakelijke klanten geschikt te maken voor IPv6. Maar als het om particulieren met een breedbandinternetverbinding gaat zijn de meeste providers nog bezig met de voorbereidingen of zijn ze net begonnen met de daadwerkelijke uitrol – en dat is 'maar' 15 jaar na de introductie. In Nederland bood XS4ALL als eerste breedbandprovider al in

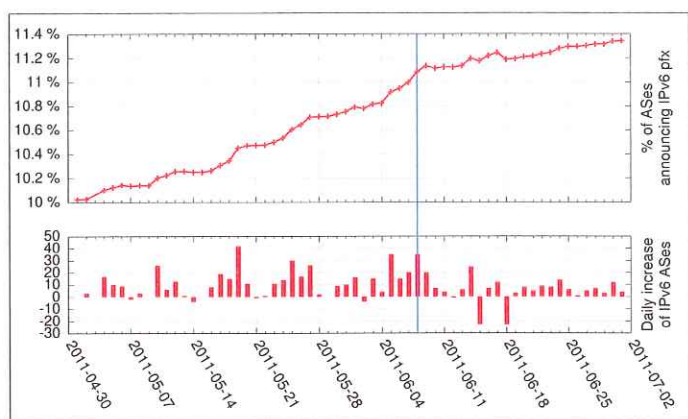
mei 2009 native IPv6 aan particulieren aan. Telfort, eveneens een onderdeel van KPN, rolt IPv6 gefaseerd uit. Daarentegen heeft kabelexploitant UPC bijvoorbeeld aangekondigd zijn consumentenverbindingen pas in 2012 om te zetten naar de nieuwe versie. IPv6 zal daarbij voorlopig naast het huidige protocol (IPv4) worden aangeboden. In België levert alleen Belnet native IPv6-verbindingen. Verizon Business biedt IPv6 via een tunnel naar AMSIX. Beide zijn alleen voor zakelijke klanten, als particulier sta je buitenspel.

Gelukkig is de situatie op een ander vlak een stuk zonniger, want besturingssystemen zoals Windows vanaf Vista, Mac OS X en Linux en ook smartphones hebben IPv6-ondersteuning al lang aan boord. Meestal is het zelfs al actief, ook als je er nog niet mee op internet kunt.

Maar al die automatische IPv6-functies die al draaien als je eigen provider nog geen IPv6-internettoegang aanbiedt, wat doen die nou eigenlijk? Waarom heeft bijvoorbeeld elk apparaat dat IPv6 ondersteunt al een IPv6-adres als je nog helemaal niet met een netwerk bent verbonden? En als de IPv6-internetverbinding eenmaal is opgezet, waarom krijgen de computers in het LAN dan ineens extra adressen, die vaak compleet anders zijn dan de bestaande adressen? Dit artikel beantwoordt dit soort vragen aan de hand van eenvoudige voorbeelden onder Windows en Linux en laat zien hoe je



World IPv6 Day zorgde voor een verdrievoudiging van het IPv6-verkeer. Hier een grafiek met de gegevens van zoekmachine Alexa.



Het was expliciet niet de bedoeling van World IPv6 Day dat deelnemende websites IPv6 alleen op die dag zouden inschakelen en het de volgende dag weer zouden uitzetten. Zoals deze grafiek laat zien, was dat ook niet het geval (IPv6-dag is de verticale blauwe lijn).

met weinig moeite de belangrijkste instellingen kunt controleren.

Het grootste verschil tussen de twee IP-versies ligt in de adresruimte. Met de 128 bit lange IPv6-adressen kunnen veel meer netwerkapparaten direct worden aangesproken. En dat zonder gebruik te maken van trucjes zoals het toevoegen van de windstreek of lapmiddelen zoals Network Address Translation (NAT), die het 32 bit grote IPv4-adresbereik op een botte bijl-maniër uitbreiden.

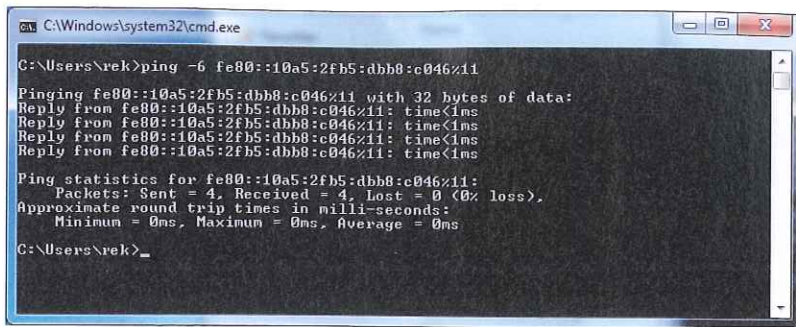
In het kader van de IPv6-ontwikkeling werden configuratiemechanismen meteen in het protocol mee ingebouwd. Op veel andere vlakken lijken de twee versies op elkaar, zoals bij de transportprotocollen TCP (Transmission Control Protocol) en UDP (User Datagram Protocol), zodat je nauwelijks merkt welke van de twee internetprotocollen je nu eigenlijk gebruikt.

### IPv6 op je eigen computer

Als je wilt weten of een pc of een ander netwerkapparaat IPv6 ondersteunt en het actief is, kun je de interface - c.q. de IP-configuratie laten weergeven. Onder Windows doe je dat met het commando ipconfig. Linux en andere Unix-versies geven deze informatie prijs via de commando's ifconfig of ip addr show. Zie je ergens in de uitvoering een adres als fe80:0211:33ff:fe66:7788, dan is IPv6 al actief.

```
reik@trillian:~$ /sbin/ifconfig
eth0  Link encap:Ethernet Hardware
      adres 00:22:33:44:55:66
inet adres:192.168.1.50 Bcast:
      192.168.1.255 masker:255.255.255.0
inet6-adres:
      fe80:0211:33ff:fe44:5566/64
      scope:verbinding
UP BROADCAST RUNNING MULTICAST
      MTU:1500 metric:1
...
```





**De test met het commando ping, dat onder Windows met de optie -6 uitsluitend IPv6 gebruikt, laat zien of IPv6 ook via de netwerkkaart werkt.**

Anders dan bij het oude IPv4 hebben apparaten bij IPv6 al een adres als je de netwerkinstellingen nog helemaal niet hebt aangeraakt en de computer nog niet eens aan het netwerk hangt. Terwijl het inrichten van IPv4 met aanvullende protocollen als DHCP of APIPA pas makkelijker werd, ondersteunt IPv6 van huis uit gefaseerde mechanismen om adapters automatisch te configureren. Er bestaat weliswaar ook DHCPv6, maar dat is bij kleine netwerken niet nodig.

Het eerste adres dat een apparaat met IPv6-ondersteuning krijgt, wordt zelf gegenereerd. Dit link-local adres is alleen geschikt voor communicatie in het eigen subnet. Dit soort adressen bestaan net als elk ander IPv6-adres uit 128 bits. De eerste 64 bit zijn altijd de netwerkprefix, de overige 64 bit de interface identifier, die soms ook wel de host-id wordt genoemd. Voor een betere leesbaarheid worden de vele cijfers niet meer zoals bij IPv4-adressen als decimale, maar als hexadecimale waarden geschreven. Ze worden niet gegroepeerd in 8-bit blokken, maar in blokken van 16 bit, die door dubbele punten van elkaar gescheiden zijn. Dankzij het toepassen van wat grammaticaregels worden de adressen vaak nog wat compacter weergegeven. Als een cijferblok met een of meer nullen begint, mag je de nullen weglaten. Ook kun je per adres een aaneengesloten reeks nullen schrappen en die vervangen door twee op elkaar volgende dubbele punten.

### Adresopbouw

Link-local adressen gebruiken altijd de prefix fe80::/64, die hier ondanks de verkorte weergave uit een enkel netwerk bestaat (/64). De suffix /64 beschrijft hoeveel bits in de prefix niet veranderd kunnen worden –

in het voorbeeld zijn dat alle bits. Bij de IPv6-netwerkprefix 2002:db8:1/48 kun je daarentegen 16 bit vrij kiezen, zodat je zelf 65.536 extra deelnetwerken voor je computers kunt aanmaken. Prefixen kunnen net als hele IPv6-adressen verkort worden weergegeven (zie kader hieronder voor meer uitleg).

De tweede adreshelft, de interface identifier, wordt door veel besturingssystemen op basis van het hardware-adres (MAC-adres) van de netwerkkaart gegenereerd. MAC-adressen zijn wereldwijd eenduidig, 48 bit lang en bevatten in het eerste deel een id, waaruit de fabrikant is te herleiden. Unix-achtigen en Linux halveren het MAC-adres en voegen tussen de twee helften de twee vaste bytes ff en fe in. Het mechanisme kiept bovendien het zevende bit van de aldus gegenereerde reeks om (<http://mccitd.net/blog/?p=723>). Uit MAC-adres 00:12:34:56:78:9a ontstaat hierdoor de tekenreeks 0212:34ff:fe56:789a – inclusief prefix krijg je hieruit het (verkorte) link-local adres fe80::212:34ff:fe56:789a.

Windows-besturingssystemen berekenen de interface identifier van het link-local adres iets anders. Ze genereren bij de eerste activatie een toevalsgetal dat ze als interface identifier gebruiken en permanent opslaan. Als een Windows-computer meer dan één netwerkkaart met IPv6 heeft, plakt Windows aan het eind van het link-local adres nog een procentteken en een cijfer vast. Het besturingssysteem laat hiermee zien voor welke netwerkkaart het link-local adres geldt. Met het commando `netsh interface ipv6 show interfaces` krijg je deze informatie te zien.

```

d:\> ipconfig
Ethernet-adapter LAN-verbinding:
Verbindingspec. DNS-achtervoegsel:
lan.local
    
```

```

Link-local IPv6-adres:
    fe80:7de9:e6ee:79b2:cea6%11
IPv4-adres: 10.1.1.18
Subnetmasker: 255.255.255.0
Standaardgateway: 10.1.1.1
    
```

Als de computer al aan een netwerk hangt, controleert het besturingssysteem nu of het gegenereerde link-local adres al aanwezig is in het netwerk (Duplicate Address Detection): hiervoor zendt het een 'Neighbor Solicitation Message' naar dit adres per ICMPv6. Als de computer hierop geen antwoord krijgt, bestaat dit adres maar één keer in het lokale netwerk. Komt er echter een antwoord binnen (Neighbor Advertisement Message), dan gaat het bij het link-local adres om een doublure. Met het oog op de wereldwijd eenduidige MAC-adressen of de door Windows gebruikte toevalsgetallen zal dat maar uiterst zelden het geval zijn.

IPv6 ziet in tegenstelling tot zijn voorloper af van broadcasts. In plaats daarvan gebruikt het multicasts. Daarmee kunnen gericht groepen computers in het lokale netwerk worden aangesproken. Er zijn voorgedefinieerde multicastadressen, waar

IPv6-hosts automatisch naar luisteren als ze een bepaalde eigenschap hebben. Zo bereik je bijvoorbeeld alle routers die op de verbinding actief zijn via het multicastadres FF02::2 en alle actieve netwerknodes via multicastadres FF02::1. Ontwikkelaars van netwerkapplicaties of -protocollen kunnen echter ook eigen multicastgroepen definiëren. Een computer die wil meeluisteren moet zich dan gericht op de adressen van die groepen abonneren. Als de netwerkswitch deze techniek beheerst, onthoudt hij de abonnementen en verdeelt hij de multicasts alleen over de netwerkpoorten waaraan de abonnees hangen. Als de switch echter al ouder is of heel eenvoudig is opgezet, verdeelt hij de multicastberichten als broadcasts.

Omdat link-local adressen alleen geschikt zijn voor de directe communicatie op het eigen netwerksegment – en dus niet via de router het netwerk kunnen verlaten – zijn ze bij uitstek geschikt voor eigen tests. Daarmee weet je zeker dat je niemand buiten je eigen netwerk stoort. Zo antwoorden IPv6-computers bijvoorbeeld op pings.

Ook een webserver met IPv6-ondersteuning kan via een zelfgemaakt adres worden aangesproken: hiervoor hoeft je diens link-local adres, voorafgegaan door `http://`, alleen maar in de adresregel van een browser in te voeren. Omdat de dubbele punten in de IPv6-adressen voor browsers verwarrend kunnen zijn, aangezien na een dubbele punt in een url ook een poortnummer kan komen, wordt het IPv6-adres in de adresbalk tus-

### Afkorting voor IPv6-adressen

Als je goed kijkt, komen de in dit artikel gebruikte IPv6-adressen zoals 2a02:2e0:3fe:100::7 en fe80::212:34ff:fe56:789a niet uit op de volledige lengte van 128 bit. Dat komt door de regels waarmee de ellenlange cijferreeksen van een IPv6-adres ingekort kunnen worden. Volledig uitgeschreven luidt het laatste adres namelijk fe80:0000:0000:0000:0212:34ff:fe56:789a.

De langste reeks nullen binnen een IPv6-adres mag je

gelukkig wegstrepen en door twee dubbele punten vervangen, wat het adres reduceert tot fe80::0212:34ff:fe56:789a. Verder mag je de nullen aan het begin van een 16-bit blok weglaten, wat dan uiteindelijk fe80::212:34ff:fe56:789a oplevert. Op die manier ontstaat bijvoorbeeld ook het kortste adres van alle IPv6-adressen: moest je onder IPv4 voor je eigen computer (localhost) nog 127.0.0.1 invullen, onder IPv6 volstaat het adres ::1.



sen vierkante haken gezet: http://[fe80::212:34ff:fe56:789a]. Als je onder Windows met Internet Explorer surfte, moet je bovendien achter het adres de id van de interface opgeven. Dat id moet voorafgegaan worden door een procentteken. Het adres wordt dan http://[fe80::212:34ff:fe56:789a%2514]/index.php.

Als je nog geen IPv6-internettoegang c.q. een volgroei IPv6-bedrijfsnetwerk hebt, is het autonome IPv6-zelfbeheer hiermee afgesloten. Andere tests zijn alleen nog mogelijk op applicatieniveau – het protocol 'staat'.

## Het internet op

Maar als providers in de nabije toekomst naar gelijktijdig gebruik van beide protocolversies gaan, heb je een ADSL-router / kabelmodem nodig die beide protocolversies ondersteunt. In het eenvoudigste geval stelt de provider die beschikbaar of krijgen klanten een firmware-update door de fabrikant aangeboden. In alle andere gevallen zul je nieuwe hardware moeten kopen. Qua instellingen in de router of modem hoeft je verder maar weinig te veranderen, aangezien de instellingen door de provider worden geregeld met de router. En die geeft de kennis die hij op die manier verzamelt automatisch door aan andere apparaten in het lokale netwerk.

Fritzbox-gebruikers (zoals de klanten van XS4ALL) kunnen hun apparaten met een firmware-update geschikt maken. Als je al een router van een andere fabrikant hebt, moet je eerst controleren of je de actuele firmware voor je routermodel hebt geïnstalleerd. De versie van de routerfirmware is meestal op de eerste (status)pagina van de routerinterface te vinden en de downloads van actuele firmwares zijn te vinden op de supportpagina van de producent.

Als je niet wilt wachten tot je provider zijn particuliere klanten op IPv6 overzet, is er een andere, ingewikkeldere optie om op het IPv6-internet te komen. Dat gaat via zogenaamde tunnelbrokers als gogo6 of Sixxs. Voor deze optie moet er extra toegangsoftware op de client of de router draaien. De tunneltechnieken 6to4 en Teredo zou je echt als allerlaatste mo-

gelijke routers tunnelen ook ongevraagd via 6to4, wat je aan de prefix 2002::/16 van je eigen IPv6-adressen kunt herkennen. Samenvattend heeft een native IPv6-verbinding altijd de voorkeur, de tunneltechnieken van gogo6 en Sixxs zijn tweede keus. Mocht je terugschrikken voor de gecompliceerde configuratie (vooral als dit op de router ingesteld moet worden), dan blijft eigenlijk alleen nog het niet stabiele Teredo over.

Hoe je IPv6-computer ook op het IPv6-internet wordt aangesloten, voor de rest van de configuratie heeft hij informatie nodig die hij niet zelf kan achterhalen of verzinnen, die van een IPv6-router moet komen. IPv6-routers verdelen die informatie regelmatig via ICMPv6 in het hele IPv6-netwerk, maar de

pc kan de gegevens ook met behulp van een Router Solicitation Message via ICMPv6 opvragen. De betreffende router antwoordt met een Router Advertisement en vertelt de client hierin het gatewayadres en het globale IPv6-netwerkprefix, dat hij op zijn beurt weer van de internetprovider heeft gekregen. Eventueel noemt hij nog een DNS-server. Windows XP kan echter niet met IPv6 DNS-servers omgaan en gebruikt in plaats daarvan de DNS-server van IPv4.

Met deze informatie maakt het besturingssysteem op vergelijkbare wijze als bij de link-local adressen een extra IPv6-adres voor de netwerkinterface waarmee je op internet kunt komen. Terwijl je met IPv4 aan een netwerkinterface precies één adres

**FRITZ!Box 7340**

Log off Expert Mode: Expert Contents Help

**Overview**

- Internet
  - Online Monitor
  - Account Information
  - Filters
  - Permit Access
  - DSL Information
- Telephony
- Home Network
- WLAN
- DECT
- System

**Wizards**

Configuration, Updates, Telep...

**IPv6 Settings**

Settings IPv6 IPv4 Provider Services

For connections to the IPv6 Internet, FRITZ!Box supports native IPv6 and various tunnel protocols. Using tunnel protocols you can connect to the IPv6 Internet even if your selected Internet Service Provider does not yet support native IPv6.

Connected since	19 07 2011 10:41
Global IPv6 address of the FRITZ!Box	2001:598:2308:224:feff:fe4:63ed:64
Global IPv6 address obtained via	DHCP IA_PD
Global IPv6 address is valid for	5899/5899s
IPv6 MTU	1280
Global IPv6 prefix	2001:598:2308::/48
Global IPv6 prefix is valid for	5899/5899s
Primary IPv6 DNS server	2001:598:2308::66
Secondary IPv6 DNS server	

Refresh

**IPv6 Support**

IPv6 support enabled

**IPv6 Connectivity**

Detect settings automatically (recommended)  
First the system will attempt to negotiate native IPv6. If this fails, a 6to4 tunnel will be established

Always use a native IPv6 connection  
For this operation mode your Internet Service Provider must support native IPv6 on your line.

Always use a tunnel protocol for the IPv6 connection  
Use IPv6 with a tunnel protocol over a conventional IPv4 connection. To use this operating mode your Internet Service Provider does not have to support IPv6.

**Additional Settings**

Set MTU manually  Bytes

Also announce DNS server via router advertisement (RFC 5006)

**Unique Local Addresses**

If no IPv6 Internet connection is active, FRITZ!Box can assign unique local addresses (ULA) to local network devices so that they can communicate with each other

Assign unique local addresses (ULA) as long as no IPv6 connection exists (recommended)

Do not assign unique local addresses (ULA) (not recommended)

Always assign unique local addresses (ULA)

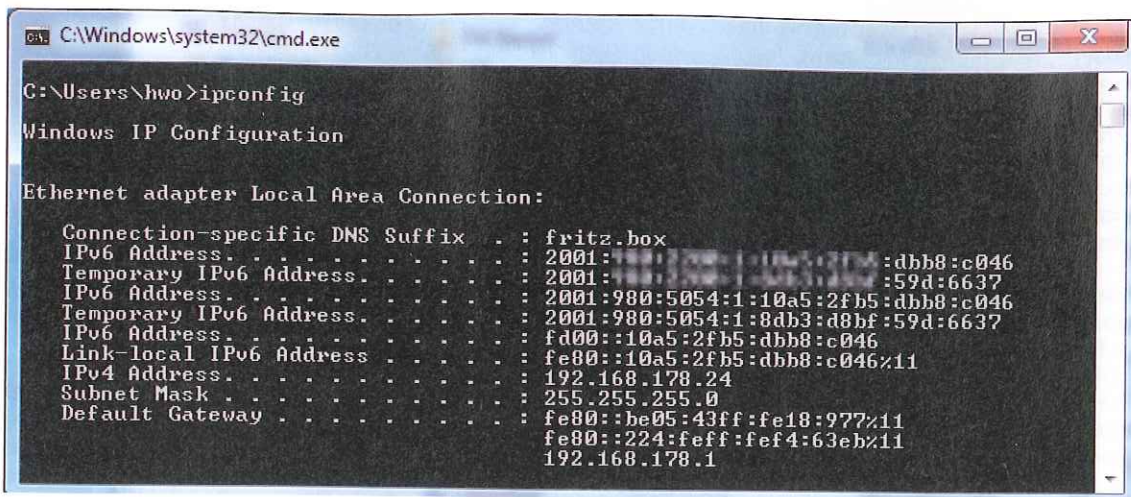
Unique Local Address of your FRITZ!Box: fd00::224:feff:fe4:63eb:64

Set ULA prefix manually:  
fd  :  :  :  /64

Apply Cancel Help

Dankzij een firmware-update ondersteunen ook nieuwere Fritzbox-modellen sinds enige tijd IPv6. Er zijn verschillende manieren om een IPv6-verbinding op te bouwen.





Windows is het enige besturingssysteem dat de Privacy Extensions bij IPv6-adressen standaard gebruikt. Bij Linux en Mac OS X moet je hiervoor (nog) extra handelingen verrichten.

kunt toekennen, accepteert IPv6 willekeurig veel adressen voor een netwerkkaart zonder dat je alias-interfaces hoeft aan te maken. Elk IPv6-adres heeft bovendien een scope, die bepaalt in welk deel van het netwerk het adres geldig is: naast het alleen in het eigen netwerk-segment geldige link-local adres bestaan er ook globale, dus op het hele internet geldige IPv6-adressen. Die laatste staan bij Windows als het 'IPv6-adres' vermeld. De Linux-commando's ifconfig en ip addr show duiden IPv6-adressen aan met 'inet6' en zetten de scope erachter.

Globale IPv6-adressen onderscheiden zich in hun eenvoudigste vorm alleen door de prefix van link-local adressen: op het moment beginnen alle globaal geldige en publieke IPv6-prefixen met een 2, andere adresbereiken hoefde IANA nog niet toe te wijzen. Uit het bovengenoemde link-local adres ontstaat na het contact met een IPv6-router bijvoorbeeld het adres 2001:db8:1:1:212:34ff:fe56:789a.

De automatische configuratie stelt bovendien de noodzakelijke routes in, zodat de computer de weg naar het IPv6-internet vindt. Die routes kunnen op de

commandline onder Windows met route -6 print of onder Linux met route -6 bekeken worden. In de uitvoer van deze commando's tref je een routingregel aan die als doel het IPv6-adres ::0 heeft en naar de IPv6-router (gateway, next hop) verwijst.

De volgende regel in de lijst (::1/128) is de lokale route voor je eigen computer (local-host). Vervolgens volgen nog routes voor je eigen netwerk (2001:db8:1::/64) en je eigen globale IPv6-adressen.

wordt het als een dynamisch adres weergegeven. Deze adressen worden om de 24 uur opnieuw gegenereerd (zie softlink).

### IPv6 bij servers

Als je wilt weten welke diensten en servers je op internet werkelijk via IPv6 kunt bereiken helpt het Domain Name System (DNS) je verder. Het geeft onder andere de IP-adressen die bij een hostnaam horen.

Zo levert het Windows-commando ping bij http://vic6.net ook meteen het juiste IP-adres. En als IPv6 actief is, krijgt ping altijd het IPv6-adres als antwoord terug. Als er daarentegen alleen IPv4 draait, levert het besturingssysteem uit zichzelf alleen het IPv4-adres terug. Het Linux-commando ping ondersteunt op dit moment alleen IPv4, voor pings naar IPv6-servers moet je het commando ping6 invoeren.

Het adres van de DNS-server krijg je onder IPv4 meestal volledig automatisch via DHCP van de internetrouter. Onder IPv6 verdelen DHCPv6 of de bovenbeschreven methode het DNS-serveradres via de IPv6-router in het LAN.

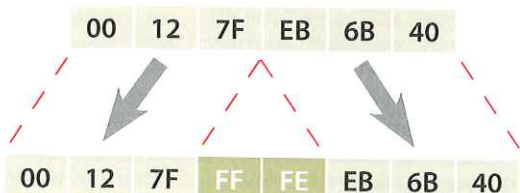
Omdat ook een internetserver IPv4 en IPv6 tegelijk kan spreken (dual-stack), kunnen aan diens naam ook twee adressen worden toegewezen. Voor IPv4 slaat het DNS de adressen in een A-record op, IPv6-adressen staan daarentegen in een AAAA-record. Als een server een IPv6 adres heeft, stuurt een DNS-server het IPv6-adres bij een servernaam ook mee als op de computer waarvan de request af komt geen IPv6 draait. Dat

### Privé ook privé?

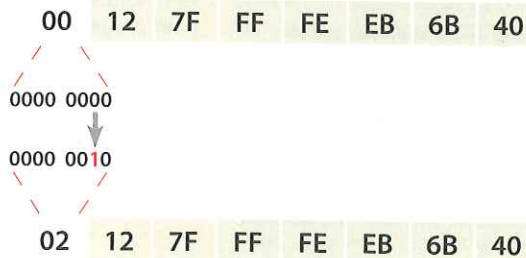
Omdat de IPv6-adressen die hierboven gegenereerd worden volledig statisch zijn en ze op een aantal besturingssystemen bovendien van het hardware-adres van de netwerkkaart worden afgeleid, kunnen aan de hand daarvan niet alleen conclusies worden getrokken ten aanzien van het IPv6-apparaat. Doordat het adres nooit verandert, ben je daarmee in principe gedurende de volledige levensduur van het apparaat te herkennen en dus te volgen. Om dit te voorkomen hebben de IPv6-ontwikkelaars de automatische configuratie uitgebreid met wat meer privacyvoorzieningen (Privacy Extensions for Stateless Address Autoconfiguration in IPv6).

Onder Windows of op Linux en Mac OS X met ingeschakelde Privacy Extensions duikt nog een extra IPv6-adres in de interface op, dat sterk afwijkt qua interface-identificatie. Windows gebruikt de Privacy Extensions standaard en noemt dit adres simpelweg het 'Tijdelijk IPv6-adres'. Door Linux en andere Unix-achtigen

#### Stap 1



#### Stap 2



Een host kan automatisch zelf een unieke 64-bit IPv6 interface-identificatie genereren door het MAC-adres te nemen en daar middenin de twee vaste bytes ff en fe in te voegen. Vervolgens wordt ook nog het zevende bit van de aldus gegenereerde reeks geïnverteerd.



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\Users\hwo>ping vic6.net

Pinging vic6.net [2406:a000::28] with 32 bytes of data:
Reply from 2406:a000::28: time=328ms
Reply from 2406:a000::28: time=328ms
Reply from 2406:a000::28: time=317ms
Reply from 2406:a000::28: time=321ms

Ping statistics for 2406:a000::28:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 317ms, Maximum = 328ms, Average = 321ms

C:\Users\hwo>ping -4 vic6.net

Pinging vic6.net [116.197.146.20] with 32 bytes of data:
Reply from 116.197.146.20: bytes=32 time=335ms TTL=51
Reply from 116.197.146.20: bytes=32 time=325ms TTL=51
Reply from 116.197.146.20: bytes=32 time=326ms TTL=51
Reply from 116.197.146.20: bytes=32 time=328ms TTL=51

Ping statistics for 116.197.146.20:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 325ms, Maximum = 335ms, Average = 328ms

C:\Users\hwo>
```

De eerste keer dat we het commando ping vic6.net uitvoerden, was er een IPv6-internetverbinding actief, bij de tweede keer alleen een IPv4-verbinding. Windows levert desalniettemin altijd het juiste IP-adres bij de hostnaam. De pingparameters -4 en -6 dwingen IPv4 of IPv6 af.

kan gemakkelijk gecontroleerd worden met de commando's nslookup of met het commando host, dat onderdeel uitmaakt van de BIND-tools (zie softlink).

```
e:\PortableApps\bind>host www.vic6.net
vic6.net has address 116.197.146.20
vic6.net has IPv6 address 2406:a000::28
```

Waar de Windows-ping automatisch wisselt tussen IPv4 en IPv6, moeten Linux-gebruikers voor IPv6 het commando ping6 gebruiken.

```
tester@Edward-desktop:~$ ping6 -n -c5 vic6.net
PING vic6.net (2406:a000::28): 56 data bytes
64 bytes from 2406:a000::28: icmp_req=1 ttl=50 time=315 ms
64 bytes from 2406:a000::28: icmp_req=2 ttl=50 time=315 ms
64 bytes from 2406:a000::28: icmp_req=3 ttl=50 time=315 ms
64 bytes from 2406:a000::28: icmp_req=4 ttl=50 time=314 ms
64 bytes from 2406:a000::28: icmp_req=5 ttl=50 time=314 ms

--- vic6.net ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 received, 0% packet loss, time 21276ms
rtt min/avg/max/mdev = 314.426/315.150/315.900/0.500 ms
tester@Edward-desktop:~$ ping vic6.net
PING vic6.net (116.197.146.20) 56(84) bytes of data:
64 bytes from 116.197.146.20: icmp req=1 ttl=55 time=11.1 ms
64 bytes from 116.197.146.20: icmp req=2 ttl=55 time=11.3 ms
64 bytes from 116.197.146.20: icmp req=3 ttl=55 time=11.0 ms
64 bytes from 116.197.146.20: icmp req=4 ttl=55 time=17.9 ms
64 bytes from 116.197.146.20: icmp req=5 ttl=55 time=10.0 ms

--- vic6.net ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 received, 0% packet loss, time 5008ms
rtt min/avg/max/mdev = 10.070/11.945/17.915/2.718 ms
tester@Edward-desktop:~$
```

Terwijl je met host.exe een eenvoudig overzicht van de aanwezige informatie krijgt en op die manier snel bijvoorbeeld aan het IPv6-adres van een testsite als http://vic6.net kunt komen, laat het commando nslookup.exe ook andere DNS-informatie zien zoals de verantwoordelijke SMTP-server (MX Resource Record) voor het domein.

Met de optie -type=AAAA levert nslookup alleen het IPv6-adres voor vic6.net. Als je alle gegevens over vic6.net van het DNS wilt hebben, gebruik je als optie -type=any.

Het besturingssysteem zou automatisch moeten selecteren welk protocol het gebruikt bij het benaderen van dual-stack internet servers. Hierbij gelden in theorie de volgende richtlijnen: als native IPv6 (via ADSL, kabel, glasvezel of een tunnelbroker) wordt aangeboden, benadert de computer de server daarmee. Heeft de computer alleen een

```
C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\Users\rek>nslookup.exe -type=A www.vic6.net
Server: tritz.box
Address: 192.168.178.1

Non-authoritative answer:
Name: www.vic6.net
Address: 116.197.146.20

C:\Users\rek>nslookup.exe -type=AAAA www.vic6.net
Server: tritz.box
Address: 192.168.178.1

Non-authoritative answer:
Name: www.vic6.net
Address: 2406:a000::28

C:\Users\rek>nslookup.exe -type=Any www.vic6.net
Server: tritz.box
Address: 192.168.178.1

Non-authoritative answer:
www.vic6.net AAAA IPv6 address = 2406:a000::28

C:\Users\rek>
```

Met het commando nslookup.exe kun je de adresgegevens van vic6.net gericht (A, AAAA) of in een keer (any) opvragen.

6to4- of Teredo-tunnel naar het IPv6-internet, dan moet hij proberen de gegevens via IPv4 te versturen en ontvangen. Computers mogen een server name-lijk in principe alleen via 6to4 en Teredo benaderen als ook de server een IPv6-adres heeft – dus niet bij dual-stack servers.

Dit mechanisme werkt onder Windows en Linux en recente Mac OS X-versies, maar oudere versies – voor 10.6.5 – gaan hierbij de fout in. Ook als IPv4 de betere keuze zou zijn, geven ze nog de voorkeur aan IPv6.

Als op een dual-stack-computer een verbinding via IPv6 mis-

lukt, leidt dat tot vertragingen, bijvoorbeeld bij het laden van een website. Pas na een bepaalde time-out, die per besturingssysteem verschilt en soms wel enkele minuten kan duren, probeert de computer pas opnieuw verbinding op te bouwen via IPv4 – tenzij de server natuurlijk alleen IPv6 spreekt.

Zulke aanloopproblemen zijn onvermijdelijk op het moment dat IPv6 eindelijk landelijk wordt uitgerold. Toch is het hiervoor de hoogste tijd, want als IPv6 wijdverbreid is, kunnen dit soort probleempjes ook worden opgelost. (jmu)

```
Opdrachtprompt
=====
Actieve routes:
Indien metrische netwerkbestemming Gateway
17 58 ::0 On-link
1 306 ::1/128 On-link
17 58 2001::/32 On-link
17 306 2001:0:4137:9e76:1024:558:3f57:fe8d/128 On-link
11 281 fe80::/64 On-link
14 281 fe80::/64 On-link
```

