

# Computernetwerken nieuwe stijl

[Startpagina](#) / [Mijn cursussen](#) / [Netwerken19](#) / [3: Van subnetwerk naar internetwork](#) / [3.1 - Netwerken koppelen](#)

## 3.1 - Netwerken koppelen

### Het verbinden van netwerken

Als we er van uitgaan dat beide vestigingen een aparte beheerder hebben, lukt het niet meer om dit voor elkaar te krijgen met een switch: we hebben nu namelijk niet één maar twee netwerken. Om twee netwerken te verbinden, hebben we zoals gezegd, extra apparatuur nodig: *een router*. We maken eerst ons schoolnetwerk voor de hoofdvestiging en koppelen deze daarna aan het dependance netwerk.



Router

*Een router in Filius*

Voordat we weer met Filius aan de slag gaan even een uitdaging voor thuis. Maak de volgende opdrachten.

[Opdracht 3.1: Het netwerk thuis](#)

[Opdracht 3.2: Inloggen op de router \(Optioneel\)](#)

3.1 - Netwerken koppelen

3.2 - De router

3.3 - De gateway

3.4 - IP-adressen

3.5 - Netwerken  
onderverdelen

3.6 - Soorten IP-adressen

3.7 - ARP Tabellen

3.8 - IP-versies en NAT

◀ Een Lan: toets je kennis.

Ga naar...

3.2 - De Router ▶

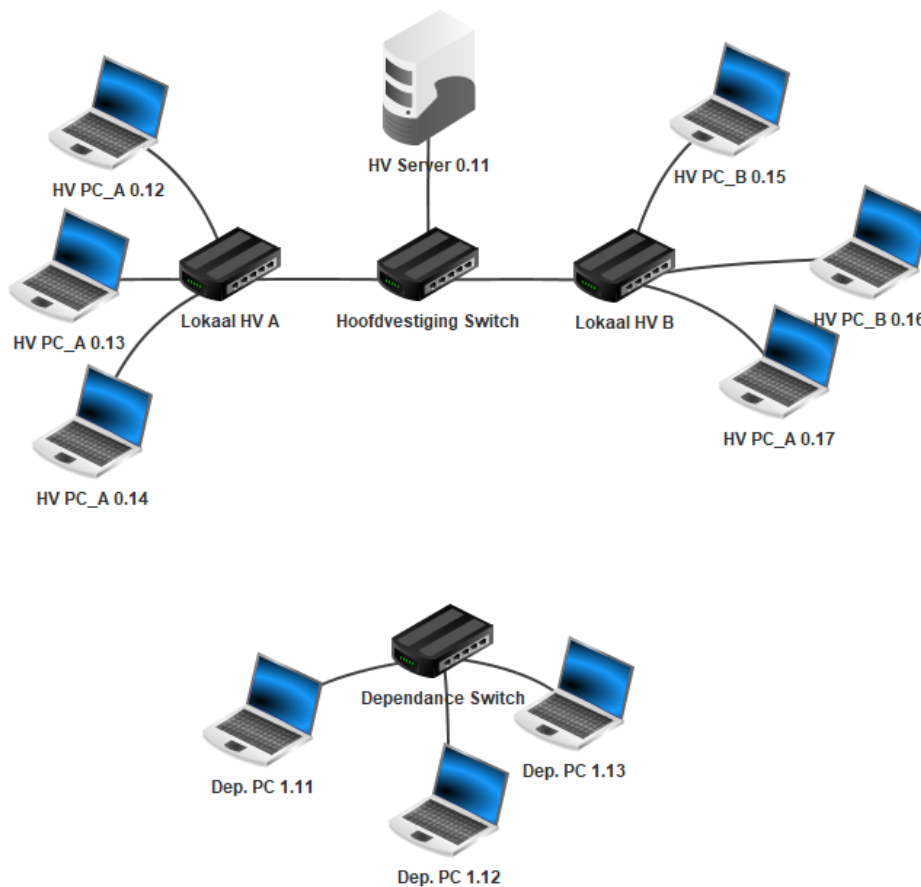


# Computernetwerken nieuwe stijl

[Startpagina](#) / [Mijn cursussen](#) / [Netwerken19](#) / [3: Van subnetwerk naar internetwerk](#) / [3.2 - De Router](#)

## 3.2 - De Router

Op dit moment hebben we een hoofdvesting met daarin 6 cliënts en 1 webserver die met elkaar zijn verbonden via 3 switches. Zoals je hieronder ook kan zien hebben we een dependance waar we drie cliënts hebben die met elkaar zijn verbonden via 1 switch. Het geheel is nog niet verbonden.



[3.1 - Netwerken koppelen](#)

[3.2 - De router](#)

[3.3 - De gateway](#)

[3.4 - IP-adressen](#)

[3.5 - Netwerken  
onderverdelen](#)


[3.6 - Soorten IP-adressen](#)

[3.7 - ARP Tabellen](#)



[3.8 - IP-versies en NAT](#)

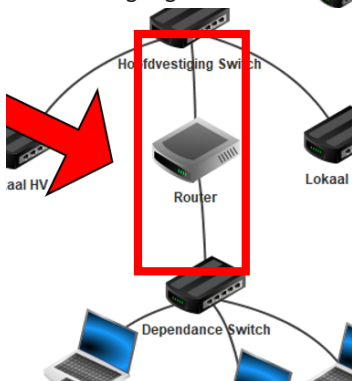
1) Download het Filius-bestand van bovenstaand netwerk [hier](#) en open dit in Filius. Je ziet dat alle IP nummers netjes zijn ingevuld en dat alle software netjes geïnstalleerd is. Op de server staat al de webserver met daarin het rooster. Als je beter naar de afbeelding kijkt, zie je dat de computers een naam hebben. Dit hebben we gedaan om het overzichtelijker te maken in Filius. Normaal hebben computers geen naam zoals dit, maar gewoon een IP-adres. De nummers aan het eind van de namen geven het laatste deel van het IP-adres aan.


Name	HV PC_A 0.12
MAC Address	BA:D2:8E:2E:53:DA
IP address	192.168.0.12
Netmask	255.255.255.0
Gateway	
Domain Name Server	



2) Vraag vanuit laptop HV PC\_A 012 het rooster op door in de webbrowser het IP nummer van de webserver en de verwijzing naar het rooster in te vullen (192.168.0.11/rooster.html). Je ziet dat dit werkt en het rooster wordt netjes geladen.

3) Wanneer je vanaf een laptop van de dependance het rooster wilt inzien zal dit natuurlijk niet werken. Eerst moeten we het netwerk fysiek aan elkaar verbinden. Voeg een router  toe. Er wordt gevraagd hoeveel NICs de router nodig heeft. In dit geval zijn dit er twee. Verbind daarna de router met de twee vestiging switches . Als het goed is heb je onderstaande toegevoegd.



4) Vraag nu het rooster op door het IP nummer van de webserver (192.168.0.11/rooster.html)  in te vullen in een webbrowser vanaf een PC



op de dependance. Helaas krijg je onderstaande foutmelding.

 Dep. PC 1.11 - 192.168.1.11



Komt bovenstaande afbeelding inmiddels bekend voor?! Waarom krijg je dit?! Snel naar de volgende pagina voor de uitleg en oplossing van dit probleem.

# Computernetwerken nieuwe stijl

[Startpagina](#) / [Mijn cursussen](#) / [Netwerken19](#) / [3: Van subnetwerk naar internetwerk](#) / [3.3 - De Gateway](#)

## 3.3 - De Gateway

Als een computer een bericht stuurt dat bestemd is voor een computer buiten zijn eigen netwerk (LAN), dan stuurt de computer het bericht door naar de router. De in- en uitgangen van de router (of computer) noemen we netwerkinterface (controllers/cards), meestal afgekort tot interface of NIC (ook in Filius). De router heeft voor elke interface een IP-adres ingesteld. We leggen verderop uit wat een IP-adres is. Vooralsnog gaan we er van uit dat dit eigenlijk net als een normaal adres werkt (bijv. land + plaats + straat + huisnummer). We hebben hier op zich genoeg aan om een bericht te kunnen ontvangen, maar we willen natuurlijk ook pakketjes kunnen versturen. Om dit mogelijk te maken, moet ook de computer het IP-adres van de router weten. We noemen dit adres de gateway. Je moet in Filius dus bij elke computer de gateway aangeven zodat iedere computer weet wat het adres van de uitgang van het eigen LAN is.

Om te kunnen functioneren binnen een groter netwerk heeft een computer (of andere netwerkclient, internettelefoon, iPad, etc.) dus:

- Het eigen MAC-adres (ingebakken door de fabrikant)
- Het eigen IP-adres (en netmask)
- Het adres van de router die als gateway van de router fungeert

Twee netwerken worden (nu echt) één

We gaan nu de volgende stap laten zien: het samen laten werken van de twee netwerken. We gaan dus twee LANs aan elkaar verbinden.

[3.1 - Netwerken koppelen](#)

[3.2 - De router](#)

[3.3 - De gateway](#)

[3.4 - IP-adressen](#)

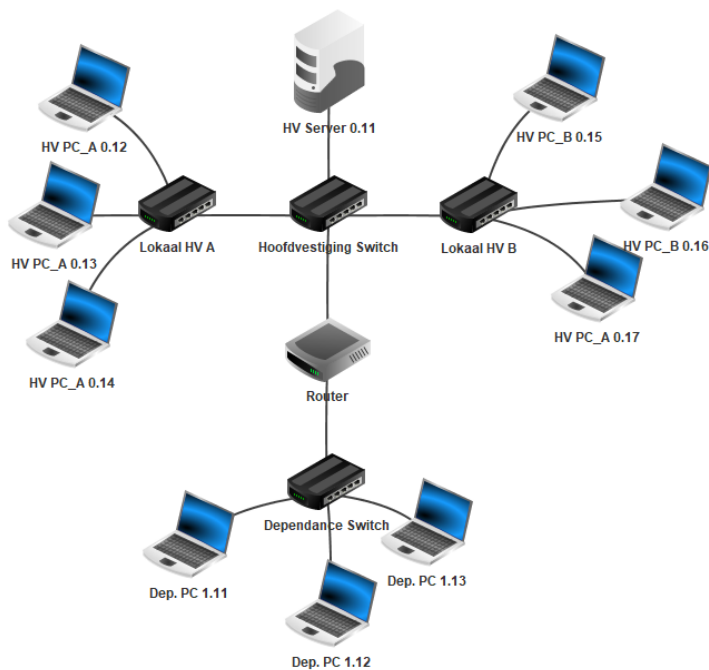
[3.5 - Netwerken  
onderverdelen](#)

[3.6 - Soorten IP-adressen](#)

[3.7 - ARP Tabellen](#)

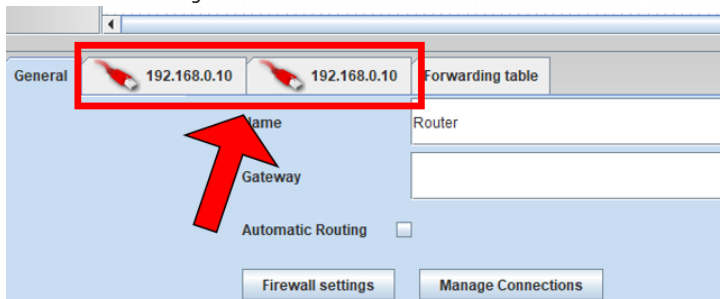
[3.8 - IP-versies en NAT](#)



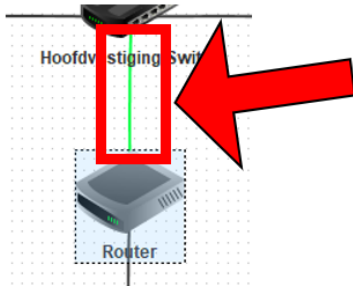


*Het netwerk van beide locaties verbonden*

5) De netwerken zijn nu wel samengevoegd, maar werken nog niet samen. We moeten ten eerste de NIC's van de router een IP-adres geven dat overeenkomt met het netwerk aan die kant. Dubbelklik op de router. Je ziet daarna het onderstaande scherm. In de afbeelding zie je dat beide NIC's een standaard IP-nummer hebben gekregen (192.168.0.10). Dit gaat niet werken want IP-nummers moeten uniek zijn.



6) Wanneer je een van de NIC's selecteert zie je dat een van de kabels die uit de router gaan groen wordt. Selecteer eerst de NIC die naar de hoofdvesting loopt (naar boven).



7) Pas het IP-nummer van deze NIC aan naar 192.168.0.100. Dit nummer is niet willekeurig. We zullen later uitleggen hoe dit IP-nummer bepaald wordt.

General	192.168.0.100	192.168.0.100	Forwarding table
Connected to Hoofdvesting Switch			
IP address	192.168.0.100		
Netmask	255.255.255.0		
MAC address	C2:A3:E7:55:C4:AB		

8) Selecteer nu de andere NIC (Dus het andere tabblad). Je ziet dus dat nu de andere kabel groen wordt. Pas hier het IP-nummer aan naar 192.168.1.100.

192.168.1.100	192.168.0.100	Forwarding table
Connected to Dependance Switch		
IP address	192.168.1.100	
Netmask	255.255.255.0	
MAC address	0D:B0:CF:34:46:F9	

9) Het laatste wat we nu moeten doen is het instellen van de gateway in alle clients en servers. Dit doe je door een voor een de cliënten en servers te selecteren en het IP-nummer van de NIC in te vullen in het veld "Gateway". Doe dit voor alle computers. De Gateway voor de computers in de hoofdvesting is 192.168.0.100 en de Gateway voor de computers in de dependance is 192.168.1.100.

Name	HV PC_A 0.12
MAC Address	BA:D2:8E:2E:53:DA
IP address	192.168.0.12
Netmask	255.255.255.0
Gateway	192.168.0.100
Domain Name Server	

10) Start nu het netwerk en vraag vanuit een cliënt van de dependance het rooster op. Dit doe je door het volgende adres in de webbrowser in te vullen: 192.168.0.11/rooster.html. Als het goed is, werkt het nu vlekkeloos: iedere cliënt weet het adres van de gateway, en de router doet de rest. De aanvraag wordt keurig doorgestuurd naar de server met het rooster. Vola alle groene

◀ 3.2 - De Router ens bij de aanvraag. Ga naar...

3.4 - IP-adressen ▶

Maak onderstaande opdracht pas als je bovenstaande instructies exact gedaan hebt.

[Opdracht 3.3: De gateway](#)

## 3.4 - IP-adressen

Een IP-adres (Internet Protocol) is binnen een computernetwerk een adres waarmee een de NIC (*network interface card*) van een computer geadresseerd kan worden. Het IP-adres werd in het leven geroepen door Tim Berners-Lee die in 1989 het WWW bedacht.

Elke computer die is aangesloten op het internet of netwerk, heeft een nummer waarmee deze zichtbaar is voor alle andere computers op het internet. Men kan dit vergelijken met telefoonnummers. Om het mogelijk te maken dat computers elkaar kunnen vinden, hebben deze hun eigen nummer nodig. Deze nummers zijn de IP-adressen. Een IP-adres op het internet is meestal gekoppeld aan een bedrijf of instantie. Zo is te achterhalen waar bewerkingen die onder een bepaald IP-adres gedaan zijn, vandaan komen. Bij mensen die vanuit huis werken, identificeert het

3.3 - De Gateway. Bijdragen op het internet. Het we... In somm...  
s is in de meeste gevallen... In somm...  
gevallen kan de rechter de internetprovider verplichten de gegevens van de afnemer van de internetverbinding behorende bij het IP-adres te geven.

[3.1 - Netwerken koppelen](#)

[3.2 - De router](#)

[3.3 - De gateway](#)

[3.4 - IP-adressen](#)

**Interactieve presentatie:**

[3.5 - Netwerken onderverdelen](#)

rechts onderin en gebruik vervolgens de pijltjes toetsen om door de presentatie te lopen.

[3.5 - Netwerken onderverdelen](#)

[3.6 - Soorten IP-adressen](#)

[3.7 - ARP Tabellen](#)

[3.8 - IP-versies en NAT](#)

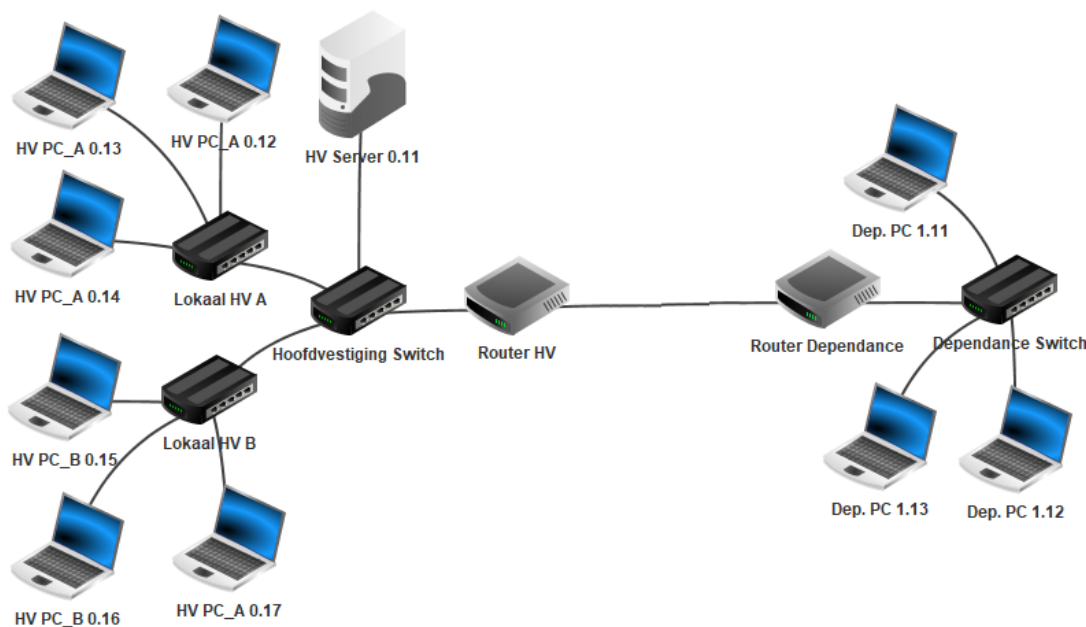


# Computernetwerken nieuwe stijl

Startpagina / Mijn cursussen / Netwerken19 / 3: Van subnetwerk naar internetwerk / 3.5 - Netwerken onderverdelen

## 3.5 - Netwerken onderverdelen

In het vorige deel hebben we de twee netwerken door middel van een enkele router met elkaar verbonden. Aangezien de twee locaties erg ver van elkaar liggen is het realistischer als beide locaties een eigen router krijgen. Onderstaande afbeelding geeft de werkelijkheid wat beter weer waarbij beide locaties een eigen router hebben.



Het netwerk van beide locaties

Om dit te bouwen moeten we eerst snappen wat een **computernummer** en een **netwerknnummer** is. Laten we eens naar de IP-nummers van de verschillende computers bekijken.

### Hoofdvesting

Naam	--> IP-Nummer
HV Server 0.11	--> 192.168.0.11
HV_PC_A 0.12	--> 192.168.0.12
HV_PC_B 0.13	--> 192.168.0.13
HV_PC_B 0.14	--> 192.168.0.14
HV_PC_B 0.15	--> 192.168.0.15
HV_PC_B 0.16	--> 192.168.0.16
HV_PC_B 0.17	--> 192.168.0.17

### dependance

Naam	--> IP-Nummer
Dep.PC1.11	--> 192.168.1.11
Dep.PC1.12	--> 192.168.1.12
Dep.PC1.13	--> 192.168.1.13

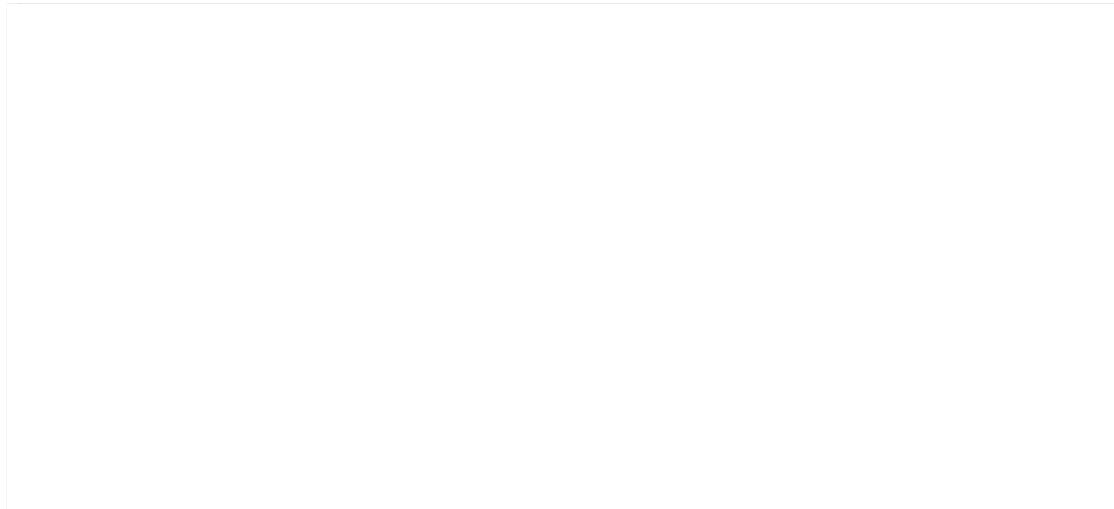
- 3.1 - Netwerken koppelen
- 3.2 - De router
- 3.3 - De gateway
- 3.4 - IP-adressen
- 3.5 - Netwerken onderverdelen
- 3.6 - Soorten IP-adressen
- 3.7 - ARP Tabellen
- 3.8 - IP-versies en NAT

Als je goed naar de nummers kijkt dan valt het volgende op:

- a) Bij alle computers binnen de HV begint het IP-nummer met "192.168.0" en bij de Dep. met "192.168.1". Dit getal noemen we het **netwerknummer**.
- b) Binnen een afdeling hebben alle computers een ander laatste nummer. Dit getal noemen we het **computernummer**.

Een [IPv4](#)-adres bestaat uit 32 bits, weergegeven als vier 8 bits-getallen, gescheiden door punten, waarbij ieder getal de waarde 0 tot en met 255 kan bevatten. Het ene deel van deze 32 bits geeft het **netwerknummer** aan, het andere deel het **computernummer**. Computers met hetzelfde netwerknummer kunnen direct met elkaar communiceren met behulp van slechts een switch. Computers met een verschillend netwerknummer kunnen dat niet, en maken gebruik van een of meer tussenliggende [routers](#) om hun doel te bereiken.

Bekijk onderstaande presentatie en maak de opdrachten zodat je goed het verschil weet tussen computernummers en netwerknummers.



## Subnetmasker

Het onderverdelen van netwerk- en computernummer gaat nu nog (IPv4) met behulp van een zogenaamd subnetmasker. Een subnetmasker bestaat net als het IP-adres uit 4 [bytes](#), meestal de waarde van 255 of 0.

Een **subnetmasker** is een getal dat wordt gebruikt om een scheiding, ofwel [subnet](#) aan te brengen in de IP-adressering. Hiermee bepaal je dus welk deel van het IP nummer hoort bij het netwerknummer en welk deel bij het computernummer. Hierbij geldt voor de waarde van het nummer het volgende:

- 255: bijbehorende IP-adresbyte is onderdeel van het netwerknummer
- 0: bijbehorende IP-adresbyte is onderdeel van het computernummer

Voorbeeld: een gemiddeld thuisnetwerk heeft net als het netwerk van de Dependance bijvoorbeeld een 192.168.1.x reeks. Stel dat je computer thuis als adres 192.168.1.123 heeft, dan heb je dus als netwerkmasker 255.255.255.0. Je computernummer is dus 123 en je netwerknummer is dan 192.168.1, waarbij je dus 254 computers in het netwerk kunt hangen.

Maak nu de volgende opdrachten:

[Opdracht 3.5: Netwerkmasker in Filius](#)

[Opdracht 3.6: Een netwerk met routers](#)

# Computernetwerken nieuwe stijl

[Startpagina](#) / [Mijn cursussen](#) / [Netwerken19](#) / [3: Van subnetwerk naar internetwerk](#) / [3.6 - Soorten IP-adressen](#)

## 3.6 - Soorten IP-adressen

### Verschil in IP adressen

Je ziet dat we in ons netwerk aan de machines in de school allemaal 192.168.x.x adressen geven. Deze adressen zijn gereserveerd voor intern gebruik. Elke organisatie mag deze dus intern gebruiken. Stel dat je een willekeurig adres gebruikt (bijv. 83.172.148.10) dan krijg je problemen (zie opdracht).

[Link naar de gereserveerde reeksen.](#)

Je computer heeft trouwens ook een lokaal adres, dat is altijd standaard 127.0.0.1.

Wanneer je alleen de laatste **byte** gebruikt voor het computernummer, kun je niet meer dan 255 computers in het netwerk opnemen. Wil je er meer, dan kun je twee dingen doen.

- Het subnet groter maken (netmask 255.255.0.0, dan dus 255 \* 255 te adresseren)
- Meerdere subnetten maken (netmask 255.255.255.0 en bijv. 192.168.0.x, 192.168.1.x, 192.168.2.x)

Een nadeel van een groot subnet is dat er erg veel 'nutteloos' verkeer tussen de nodes verzonden en ontvangen wordt. Hierdoor kan een netwerk heel traag worden. Mede daarom is het voor de beheersbaarheid vanuit systeembeheer handiger om meerdere subnetten te maken in plaats van het subnet groter te maken. Internetproviders gebruiken wel grote subnetten om IP-adressen uit te delen aan hun klanten.

Maak nu de volgende opdrachten:

[Opdracht 3.7: Het netwerk thuis](#)

[Opdracht 3.8: Inloggen op de router](#)

[3.1 - Netwerken koppelen](#)

[3.2 - De router](#)

[3.3 - De gateway](#)

[3.4 - IP-adressen](#)

[3.5 - Netwerken  
onderverdelen](#)

[3.6 - Soorten IP-adressen](#)

[3.7 - ARP Tabellen](#)

[3.8 - IP-versies en NAT](#)



# Computernetwerken nieuwe stijl

[Startpagina](#) / [Mijn cursussen](#) / [Netwerken19](#) / [3: Van subnetwerk naar internetwork](#) / [3.7 - ARP Tabellen](#)

## 3.7 - ARP Tabellen

### Netwerkverkeer binnen het (sub)netwerk

In het **IPv4** netwerk wordt ARP (staat voor Address Resolution Protocol, gedefinieerd in RFC 826) gebruikt om IP-aanvragen op de juiste manier af te handelen. ARP zorgt voor de koppeling tussen de **IP-adressen** en de MAC-adressen die je in de voorgaande onderwerpen hebt gezien.

Op zowel de clients als de router worden ARP-tabellen bijgehouden. Met behulp van deze ARP-tabellen kan een client achterhalen welk IPv4-adres welk MAC-adres heeft. Het ARP-protocol wordt gebruikt om zo'n ARP-tabel op te bouwen. Als een aanvraag op IP-niveau binnen het eigen netwerk wordt gedaan, is de client dan dus snel klaar. Stel dat computer A (IP: 192.168.0.11) verbinding wil maken met computer B (IP: 192.168.0.12), waarvan het IP-adres bekend is bij computer A. De netwerkadapter van computer A zendt daarvoor een ARP-bericht op het netwerk naar het broadcastadres van het LAN (FF-FE-00-00-00-00). Het ARP-bericht bevat ook het IP-adres van computer B, alleen computer B zal zijn eigen IP-adres zal herkennen. Uiteindelijk zal B antwoorden, met (onder andere) zijn MAC-adres. Op dat moment is het ARP-protocol klaar want A heeft nu het fysieke (hardware) adres van computer B.

### Verkeer tussen netwerken

In Filius zie je als je net een netwerk gestart hebt, ook dat een client zo'n broadcast doet en dat alleen de betreffende host een bericht terugstuurt, de client de uiteindelijke aanvraag verstuurt (probeer maar eens een site op te vragen vanuit Filius). Om zo'n aanvraag te kunnen doen, moet de client weten wat het IP-adres van de gateway precies is. Als de client dat weet, kan de uiteindelijke HTTP-aanvraag gebeuren. De beste manier om dit in te kunnen gaan, is zowel de server als de client te openen. Je ziet dat de webserver pas begint te reageren nadat er al heel wat pakketjes heen en gestuurd zijn.

Net zagen we hoe ARP binnen het netwerk functioneert. Als het IP-adres dat met een ARP-aanvraag meekomt niet binnen het eigen subnetwerk wordt gevonden, detecteert de router (gateway) dit, immers een ARP-aanvraag is een broadcast aan alle clients dus ook aan de router! Vervolgens kijkt de router in de routing table. Als de router een route naar het doelnetwerk gevonden heeft, antwoordt de router met een MAC-adres. Omdat de clients in moderne systemen ook zelf ARP-tabellen opbouwen, is het niet nodig om steeds opnieuw de route te laten bepalen, maar zal de client ook al een doelgerichte aanvraag doen. In Filius is dit heel duidelijk te zien als je voor de tweede keer een aanvraag doet!

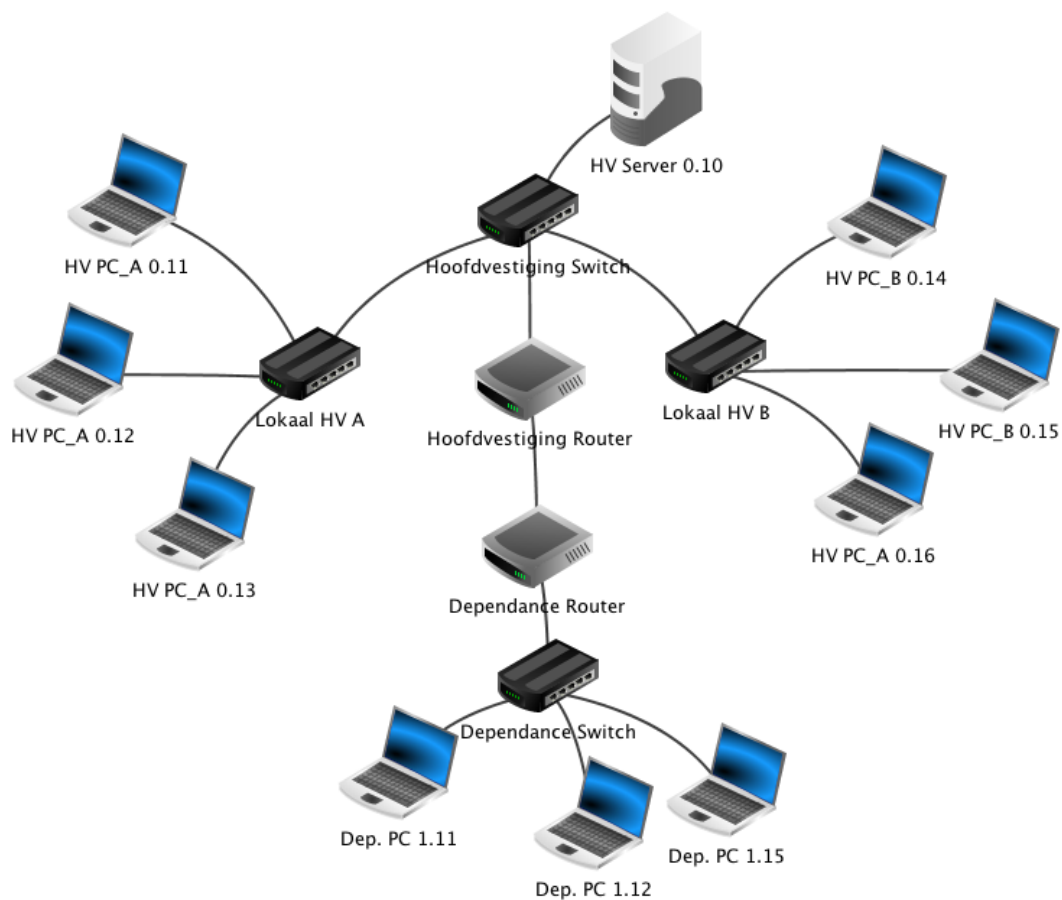
In de onderstaande video wordt ARP uitgelegd.



## Address Resolution Protocol (ARP) Explained



Werking van gateways bij [internetwork met twee routers](#)



*Internetwork met twee of meer routers*

Nog even kort samengevat: een router stuurt verzoeken van apparaten aan de ene kant, door naar apparaten aan de andere kant. Dit doorsturen gebeurt dus door middel van zogenaamde forwarding tabellen welke ook wel routingstabellen of ARP tabellen genoemd worden.

In het netwerk dat we gebruikten toen we gateway bespraken (zie: [gateway](#)), was het voldoende om alleen aan de clients het IP-adres van de gateway te geven. Bij de router hoefden we geen gateway in te vullen. Het wordt een ander verhaal als we twee routers gebruiken. De ene router moet als gateway het IP-adres van de andere router krijgen. Alleen zo kunnen de pakketjes van het ene netwerk naar het andere netwerk gestuurd worden. In Filio hoe verder niets te doen bij gebruik van twee routers met 2 NIC's: de Forwarding-tabel wordt in dat geval automatisch gevuld.

Bij een configuratie van een internetwork zoals hier boven, hebben beide routers twee NIC's: een voor het lokale netwerk (LAN) en een voor 'de wereld': het Wide Area Network ([WAN](#)).

Op het moment dat we meer routers (en dus meer NIC's) willen gebruiken, is het nodig om de routingstabellen van de router aan te passen zodat een pakketje op correcte wijze van een inkomende NIC naar de juiste uitgaande NIC gaat.

De router zoekt in de routingstabel op waar een pakketje heen gestuurd moet worden en zet het pakketje door naar de bij de betreffende route het juiste netwerkuitgang.

Maak nu de volgende opdrachten:

◀ 3.6 - Soorten IP-adressen

[in netwerk met](#)

Ga naar...

3.8 - IP-versies en NAT ▶

[Opdracht 3.10: Subnetwerken en de forwarding table](#)

# Computernetwerken nieuwe stijl

[Startpagina](#) / [Mijn cursussen](#) / [Netwerken19](#) / [3: Van subnetwerk naar internetwerk](#) / [3.8 - IP-versies en NAT](#)

## 3.8 - IP-versies en NAT



### Verdieping

#### NAT (Network Address Translation)

Totdat we massaal op IPv6 overgaan waarbij we voldoende adressen krijgen voor elke client, zitten we met een probleem. Er zijn niet genoeg [IP-adressen](#) om alle computers op de wereld bereikbaar te maken.

We hebben toen we subnetten bespraken al gezien dat er 'slechts'  $255^4$  (*255 tot de macht 4*, want [IPv4](#) heeft vier [bytes](#)) mogelijke adressen uit te delen zijn. Dat is ongeveer 4 miljard adressen. Nu zagen we dat dat niet helemaal waar was, want sommige adressen (en zelfs hele reeksen) zijn gereserveerd. Daarnaast heeft een simpele PC meestal 1 adres, maar heeft een server voor bijvoorbeeld het hosten van websites misschien wel meer dan één IP-adres. Al met al zijn op moment van schrijven (2012) alle reeksen IPv4-adressen uitgedeeld.

#### IP versie 6 (IPv6)

IPv4-adressen bestaan uit 32 bits (immers  $4 \times 8$  bits), terwijl IPv6-adressen uit 128 bits bestaan. Er zijn dus voor IPv4  $4 \times 10^9$  adressen mogelijk, terwijl IPv6 er  $3,4 \times 10^{38}$  heeft. Het nieuwe IPv6 heeft dus een (nagenoeg) onuitputtelijke voorraad adressen.

Op Wikipedia wordt verder uitstekend uitgelegd hoe IPv6 werkt en wat de verschillen met IPv4 zijn.

Maak nu de volgende opdrachten:

#### **Opdracht 3.11: NAT Thuisopdracht**

[Opdracht 3.12: IP versie 6](#)

[3.1 - Netwerken koppelen](#)

[3.2 - De router](#)

[3.3 - De gateway](#)

[3.4 - IP-adressen](#)

[3.5 - Netwerken  
onderverdelen](#)

[3.6 - Soorten IP-adressen](#)

[3.7 - ARP Tabellen](#)

[3.8 - IP-versies en NAT](#)