

Les D-02 Datacommunicatie op Ethernet en Wifi netwerken

In deze les staan we stil bij datacommunicatie op Ethernet netwerken en Wifi netwerken.

2.1 Wat is datacommunicatie?

We spreken van datacommunicatie als we via een transmissiemedium gegevens verzenden en ontvangen. Verassend genoeg kent de datacommunicatie al een lange geschiedenis. Lange tijd hebben mensen fysieke gegevensdragers gebruikt om boodschappen te verzenden.

Rooksignalen en geluid (tam-tam) werden later opgevolgd door optische telegrafie (constructies op gebouwen waar symbolen mee werden gevormd) en elektrische telegrafie. In deze les zullen we ons beperken tot moderne datacommunicatie via (computer)netwerken.

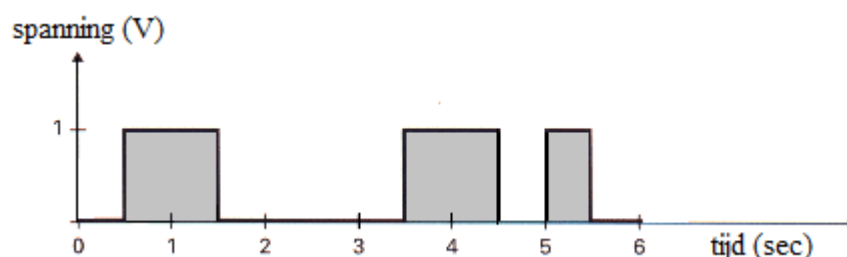


2.2 Omzetten bits en bytes in elektrische signalen en radiogolven

Als je gegevens van één computer naar een andere computer via bekabeling wilt verzenden moeten de binaire gegevens omgezet worden in elektrische signalen.

Wordt er vanaf de zijkant een elektrisch signaal verstuurd (met een schakelaar spanning op een draad gezet), dan wordt er een 1 verstuurd en wordt er geen signaal verstuurd dan wordt er een 0 verstuurd. Aan de ontvangstkant is het meten van spanning dus voldoende om een 1 of een 0 te kunnen ontvangen.

Wil je bijvoorbeeld de bitreeks **011000011010** versturen dan kan je aan de zijkant een schakelaar een halve seconde uitzetten, daarna twee keer een halve seconde aan, enz. Aan de ontvangstkant wordt dan het volgende spanningsverloop gemeten:

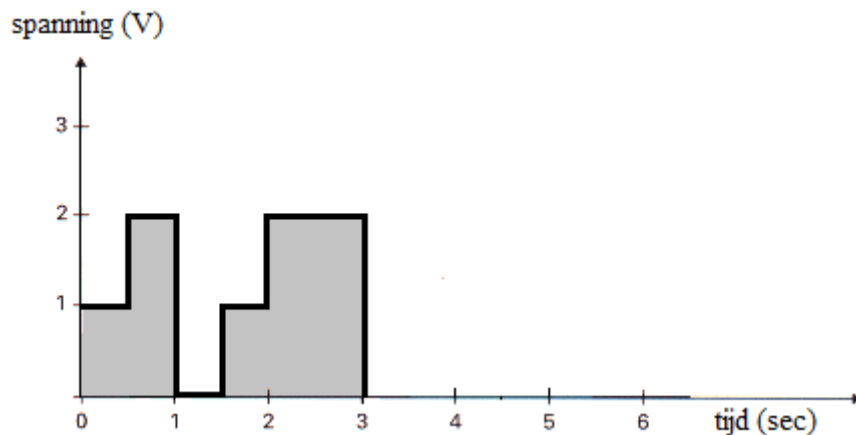


Elektrische signalen verplaatsen zich razend snel (in koperdraad met een snelheid van 200000 km per sec). Doordat deze verplaatsingssnelheid zo groot is kunnen er per seconde miljoenen bits worden verstuurd. Vanzelfsprekend kunnen computers dan ook een hogere snelheid bereiken dan één bit per halve seconde. Toch heeft koperdraad ook zijn beperkingen omdat de draad maar een aantal spanningswisselingen per seconde aan kan. Dit aantal spanningswisselingen per seconde wordt ook wel de **baud rate** genoemd. 100 baud wil dus zeggen dat er 100 spanningswisselingen per seconde mogelijk zijn. In het voorbeeld waarbij er slechts twee spanningsniveaus (0 of 1 Volt) zijn kunnen er dus 100 bits per seconde verstuurd worden.

Er kan natuurlijk ook van **meerdere spanningsniveaus** gebruik gemaakt worden, bv van vier spanningsniveaus:

- 0 Volt = 00
- 1 Volt = 01
- 2 Volt = 10
- 3 Volt = 11

De bitreeks **011000011010** = **01 10 00 01 10 10** wordt dan verzonden en ontvangen als:

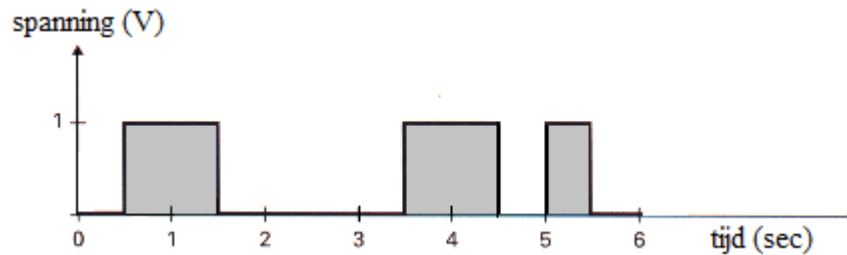


Er kunnen dus 2 keer zoveel bits per spanningswisseling worden verzonden. De boodschap is dus 2 keer zo snel verzonden. Bij een baud rate van 100 baud kunnen nu dus 200 bits per seconde worden verzonden. Worden er 8 spanningsniveaus gebruikt, dan kunnen er 3 bits per spanningswisseling worden verzonden. Met het gebruik van meerdere spanningsniveaus neemt echter ook de kans op transmissiefouten toe.

Voor het verzenden van een bitreeks wordt bij verzending van elektrische signalen via bekabeling een **elektrisch signaal (gelijkstroomsignaal of wisselstroomsignaal)** gebruikt. Bij draadloze transmissie wordt een **elektromagnetisch signaal (radiogolf)** gebruikt. In beide gevallen wordt bij het verzenden een digitaal signaal omgezet in een analoog signaal (= **moduleren**) en bij het ontvangen een analoog signaal omgezet in een digitaal signaal (= **demoduleren**).

2.3 Van bits en bytes naar frames

Terug naar het voorbeeld van de bitreeks die verzonden en ontvangen wordt:



Voor de ontvanger is het spanningsverloop niet zo eenduidig vast te stellen als we nu suggereren. De ontvanger moet weten wanneer de boodschap begint en eindigt en in welk tempo de bits zijn verzonden. Om communicatie eenduidig te laten verlopen zijn daarom communicatieafspraken gemaakt. Zo'n afspraak noemen we een **protocol**.

Bits worden altijd in pakketjes met een vastgelegde grootte verstuurd. Zo'n pakketje noemen we ook wel een **frame**. Zo kan er geen onduidelijkheid zijn over het begin en het eind van een pakketje. Daarnaast worden de frames in een vast tempo verstuurd en ontvangen.

Het **IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)** ontwikkelt standaards op het gebied van elektriciteit en elektronica. Het IEEE heeft vastgelegd hoe de datapakketjes eruit moeten zien bij communicatie op een Ethernet netwerk. Deze standaard heet ook wel de IEEE 802.3. Volgens deze standaard ziet ieder frame dat op een Ethernetnetwerk wordt verzonden er als volgt uit:

Onderdeel	betekenis
7 bytes "10101010"	synchronisatiebytes
1 byte "10101011"	framestartsein
6 bytes	MAC –adres ontvanger
6 bytes	MAC –adres zender
2 bytes	lengte dataveld
0-1500 bytes	data
4 bytes	frame checksum

- De eerste 8 bytes worden ook wel de **preamble** genoemd. Aan de hand van de eerste 7 bytes van zich herhalende 1-en en 0-en kan de ontvanger het tempo bepalen waarin het frame verzonden is. De ontvangklok kan worden gesynchroniseerd met de zendklok. Daarna volgt een byte met het sein dat het frame start.
- Op de preamble volgen de **MAC adressen** van de ontvanger en de verzender van het datapakket. Het MAC adres (Media Access Control) wordt ook wel het hardware adres genoemd (niet te verwarren met het IP adres). In hexadecimale vorm zien een MAC adres er als volgt uit: 00:0C:6E:D2:11:E6. Omdat een MAC adres uit 6 getallen bestaat met ieder 256 mogelijkheden zijn er 6 bytes nodig voor ieder zowel het MAC adres van de zender als van de ontvanger.
- Na de MAC adressen volgen twee bytes die de **omvang** van de inhoud van het datapakket aangeven.
- Daarna volgen de 0 tot maximaal 1500 bytes waaruit een datapakket kan bestaan. De totale lengte van het frame moet echter minimaal 64 bytes zijn. Zo nodig wordt het frame aangevuld. Een frame is dus maximaal 1526 bytes lang.
- De laatste 4 bytes bevatten de **checksum** waarmee gecontroleerd kan worden of het frame goed is overgekomen.

2.4 Verzenden van frames over een Ethernet netwerk

Wanneer een computer op een Ethernet netwerk een datapakket moet verzenden naar een andere computer of naar een printer of naar andere hardware op het netwerk gebeurt het volgende.

- Het datapakket wordt verdeeld in deelpakketjes van maximaal 1500 bytes en ieder deelpakketje wordt opgenomen in een frame waarin zender, ontvanger en controlecheck worden opgenomen.
- De computer beluistert de netwerkverbinding en controleert of er dataverkeer is. Als er dataverkeer is, dan wacht de computer een aantal kloktikken en luistert opnieuw. Als er geen dataverkeer is wordt het eerste frame verzonden.
- Als een andere computer op dat moment ook een frame verzendt kan er een botsing (collision) optreden. Deze wordt door de verzendende computers waargenomen en het verzenden van de frames stopt op dat moment. Na een aantal kloktikken verzendt de computer de frames dan opnieuw. Als er geen ander dataverkeer is kunnen de frames ongehinderd op het ontvangadres aankomen.
- De ontvangende computer controleert of alle deelpakketjes zijn ontvangen en stelt het verzonden datapakket weer samen.

Deze manier van luisteren naar het netwerk en reageren op botsingen heet ook wel **CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)**.

2.5 Samenstelling van frames bij draadloos internet

In een draadloos netwerk (wireless network) met behulp van elektromagnetische signalen, zoals infrarood of radiogolven. Naast het Ethernet (802.3 protocol) voor Ethernet netwerken het IEEE ook een standaard ontwikkeld voor datacommunicatie via Wifi (802.11 protocol). Apparatuur die werkt volgens het 802.11 protocol zendt meestal uit in de 2.4 GHz frequentieband (d.w.z. de frequentie ligt tussen de 2.4 en 2.485 GHz). Deze frequenties zijn door iedereen vrij te gebruiken.

Als een client verbinding wil maken met een access point dan zendt deze een zogenaamd **probe bericht** met daarin het SSID van het access point waarmee hij een verbinding wil maken. Het access point met dat SSID zal een bericht terugzenden met daarin informatie over het access point en het netwerk. Deze informatie wordt ongecodeerd verstuurd en kan dus ook nog steeds door iedereen ontvangen worden.

Als het netwerk WEP- of WPA-beveiligd is stuurt de computer het bericht gecodeerd terug naar het access point. Het access point decodeert dat bericht. En als dat dan hetzelfde bericht oplevert als het bericht dat verstuurd was naar de computer was de sleutel goed en komt de verbinding tot stand. Het 802.11 protocol schrijft de volgende framestructuur voor:

Onderdeel	betekenis
2 bytes	frame control
2 bytes	lengte
6 bytes	MAC – adres ontvanger
6 bytes	MAC – adres zender
6 bytes	MAC - adres router
2 bytes	(uitzondering)
6 bytes	(uitzondering)
0-2312 bytes	data
4 bytes	frame check

- De eerste 2 bytes worden ook wel de **frame control** genoemd. Hierin staat of het om een ontvangstbevestiging gaat, welk protocoltype wordt gebruikt en welke beveiliging wordt gebruikt.
- Daarna volgen de lengte en de MAC-adressen van de ontvanger, de zender en eventueel de router (indien internet moet worden gebruikt).
- Daarna volgen twee velden die gebruikt worden indien er buiten het access point om wordt gecommuniceerd.
- Net als bij het IEEE 802.3 (Ethernet) protocol volgen als laatste de **data** en de **checksum**.

2.6 Verzenden van frames over een Wifi netwerk

Wanneer een computer op een Wifi netwerk een datapakket moet verzenden naar een andere computer of naar een printer of naar andere hardware op het netwerk gebeurt het volgende.

- Het datapakket wordt verdeeld in deelpakketjes en ieder deelpakketje wordt opgenomen in een frame waarin zender, ontvanger en controlecheck worden opgenomen.
- De computer beluistert het frequentiekanaal en controleert of er dataverkeer is. Als er dataverkeer is, dan wacht de computer een aantal kloktikken en luistert opnieuw. Als er geen dataverkeer is wordt het eerste frame verzonden.
- Als een andere computer op dat moment ook een frame verzendt kan er een botsing (collision) optreden. De verzendende computer merkt daar echter niets van en wacht op een ontvangstbevestiging (acknowledgement ACK) van de ontvangende computer.
- De ontvangende computer controleert of alle deelpakketjes zijn ontvangen en stelt het verzonden datapakket weer samen.
- Als de verzendende computer binnen een bepaalde tijd (een bepaald aantal kloktikken) geen ontvangstbevestiging krijgt, stuurt hij het datapakket opnieuw.

Deze manier van luisteren naar het netwerk en reageren als er geen ontvangstbevestiging komt heet ook wel **CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)**.

2.7 Schakeltechnieken op netwerken

De manier waarop een bericht of pakketje over een netwerk getransporteerd wordt, hangt af van wijze waarop de verbindingen tussen de componenten uit dat netwerk worden gebruikt. We onderscheiden de volgende schakeltechnieken:

- **Circuit switching** – er wordt een verbinding tot stand gebracht tussen zender en ontvanger. Deze zijn rechtstreeks met elkaar verbonden. Communicatie verloopt gelijktijdig (**synchroon**). Circuit switching wordt gebruikt in telefoonnetwerken.
- **Packet switching** – een bericht wordt in kleine pakketjes opgedeeld (gesegmenteerd) en deze pakketjes vinden over verschillende routes over het netwerk hun weg naar de ontvanger. Zender en ontvanger zijn dus niet rechtstreeks met elkaar verbonden. De communicatie verloopt **asynchroon**. Packet switching wordt toegepast in moderne datacommunicatie (mailverkeer, etc).
- **Message switching** – een bericht wordt als geheel verstuurd over het netwerk zonder dat er rechtstreeks contact is tussen zender en ontvanger. Message switching is afkomstig uit de wereld van de postbezorging en wordt nauwelijks meer gebruikt in de wereld van datacommunicatie.

2.8 Samenvatting

We spreken van **datacommunicatie** als we via een transmissiemedium gegevens verzenden en ontvangen.

Via draaggolven kunnen digitale signalen (bitreeksen) omgezet worden in analoge signalen (stroom, geluidsgolf). Deze omzetting heet ook wel **modulatie**.

Voor het verzenden van datapakketten heeft het **IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)** standaards ontwikkeld.

Bij Ethernet netwerken met bekabeling wordt het **IEEE 802.3 protocol** gebruikt. Bij dit protocol worden datapakketten opgesplitst in kleinere datapakketjes of **frames**. In deze frames staat naast het datapakketje informatie over zender en ontvanger ook een checksum die het mogelijk maakt om te controleren of het frame goed ontvangen is.

Bij het verzenden van datapakketjes over een Ethernet netwerk luistert de verzendende computer het netwerk af en verzendt de pakketjes zodra de verbinding vrij is. Wanneer de zendende computer een botsing opmerkt wordt er opnieuw verzonden **CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)**.

Bij Wifi netwerken (draadloos) wordt het **IEEE 802.11 protocol** gebruikt. Ook bij dit protocol worden datapakketten opgesplitst in kleinere datapakketjes of **frames**. In deze frames staat naast het datapakketje informatie over zender, ontvanger en eventuele router ook een checksum die het mogelijk maakt om te controleren of het frame goed ontvangen is.

Bij het verzenden van datapakketjes over een Wifi netwerk luistert de verzendende computer het frequentiekanaal af en verzendt de pakketjes zodra het kanaal vrij is. Wanneer de zendende computer geen ontvangstsignaal krijgt wordt er opnieuw verzonden **CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)**.

We onderscheiden drie schakeltechnieken in netwerken: **circuit switching**, **packet switching** en **message switching**.