

2.1 Signaaloverdracht

- Kanalen
- Electromagnetische golven
- Electromagnetisch spectrum
- Bandbreedte en bits per seconde
- Kanaalcodering en broncodering

Elektromagnetisme

Kanaal: plaats waar de overdracht, transmissie vorm krijgt.

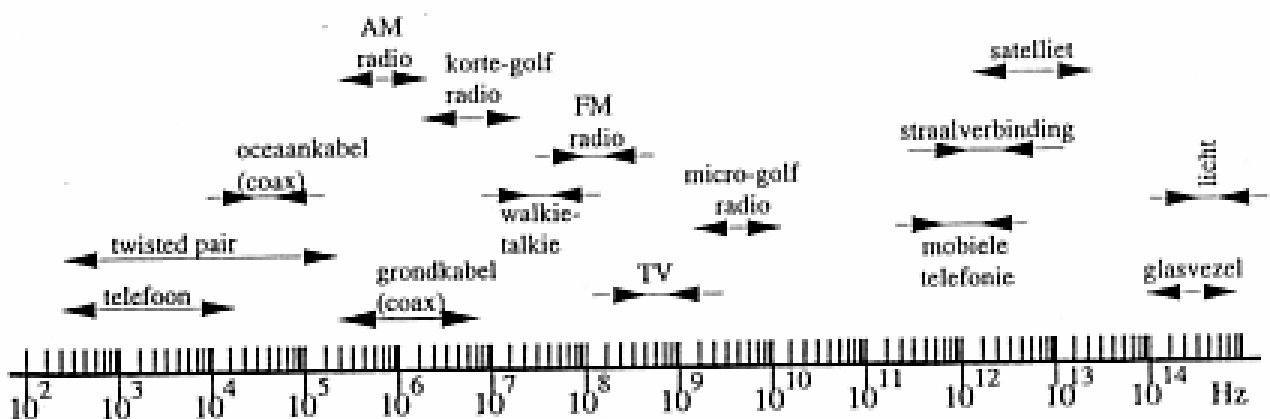
Vb.: koperdraad voor elektrische signalen (elektrische stroom en spanning)

Is er stroom (ampère) en spanning (volt), dan is er een E-M-veld
 E-M-velden kunnen ook getransporteerd worden door de ether. De ether staat er bol van:

- Zichtbaar licht
- Infrarood (ervaren als warmte)
- Radio en televisie-signalen (enkel met toestel waarneembaar)

Al deze vormen hebben een ander frequentiegebied:

- Bij elke frequentie hoort een golflengte en snelheid
- Frequenties in het lage gebied zijn trager maar komen verder dan in het hoge gebied



Karakteristieken van communicatiekanalen

De hoeveelheid informatie (het aantal bits per seconde) dat kan verstuurd worden is afhankelijk van de bandbreedte van het medium

Shannon

$$C = W \times \log_2(1 + S/N)$$

C : capaciteit in bits per seconde)
 W : bandbreedte in Hz
 S : signaalsterkte
 N : ruis (noise)

signaal-ruisverhouding:

$$\frac{S}{N} = \frac{\text{vermogen van gewenste signaal S}}{\text{vermogen van de ruis N}}$$

$$(S/N)_{\text{db}} = 10 * \log_{10}(S/N)$$

Vb: De bandbreedte van een telefoonlijn is 3100 Hz, en een kanaal van redelijke kwaliteit heeft een signaal/ruisverhouding (S/N) van 30 dB (decibel).

Berekening S/N:	Berekening C
30 db = 10* ¹⁰ logS/N	C = 3.100 * 2 log(1+1.000)
¹⁰ logS/N = 3	C = 3.100 * 9,97
S/N = 1.000	C = 30.898 bits/seconde

Dit is bij de gegeven signaal/ruisverhouding en de gegeven bandbreedte de theoretische bovengrens door middel van modems over kieslijnen

Hogere snelheden kunnen enkel als de bandbreedte en/of de S/N verhoudingen toenemen

Shannon neemt aan dat ruis in alle frequenties in gelijke mate voorkomen (witte ruis) ; houdt geen rekening met andere storingen

Nyquist

Er zijn ook nog andere beperkingen aan transportsnelheid.

Een medium zonder storingen heeft een capaciteit van:

$$C = 2W * \log_2 M$$

M : het aantal verschillende symbolen dat wordt gebruikt

Vb: Als er maar twee symbolen zijn, één voor bit 0 en één voor bit 1, dan resulteert de capaciteit van een telefoonlijn in

$$C = 2 * 3.100 = 6.200 \text{ bps} \quad (\log_2 2 = 1)$$

Voor snelheden hoger dan 6.200 bps dient men meer symbolen te gebruiken, die ieder voor zich meer bits tegelijk coderen

Baud of bps

Baud

- vroeger gebruikt in de telegrafie (Emile baudot)
- geeft het maximaal aantal toestandveranderingen aan (cfr Nyquist)

als een toestandverandering 20 milliseconden duurt is de snelheid van signalen 50 baud (1000 s/20)

als deze toestand juist één bit aangeeft is de bitsnelheid 50 bps (cfr Nyquist: meer bits in één symbool voor hogere snelheden)

Voor datacommunicatie wordt de transportsnelheid gegeven in bps

2.2 Basisband en draaggolfkanalen

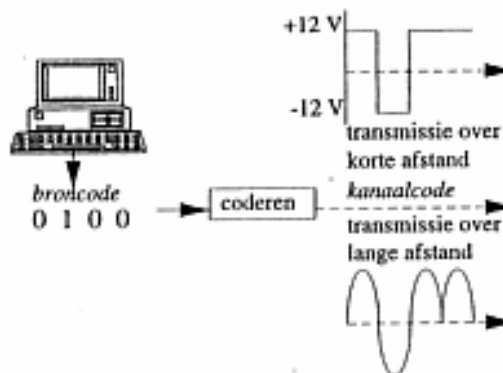
- Communicatiekanalen
- Basisbandkanalen
- Kanaalcodering
- Draaggolfkanalen

Basisbandkanalen

- De informatie wordt ongemoduleerd overgedragen
- Het signaal wordt enkel omgezet naar een vorm die voor het medium geschikt is.

Bv.

0	1
+12V	-12V



De broncode wordt dus omgezet in een kanaalcode die goed transporteerbaar is. Eisen daarbij zijn:

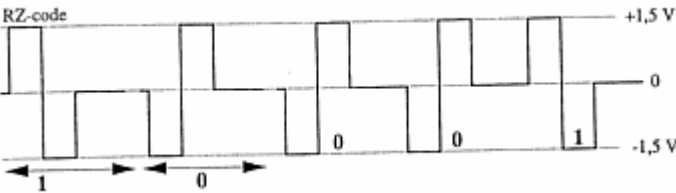
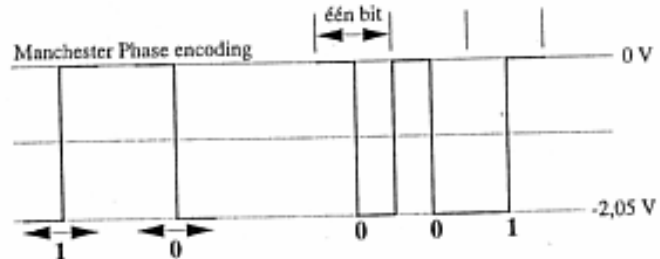
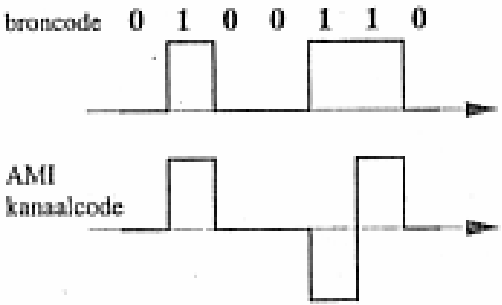
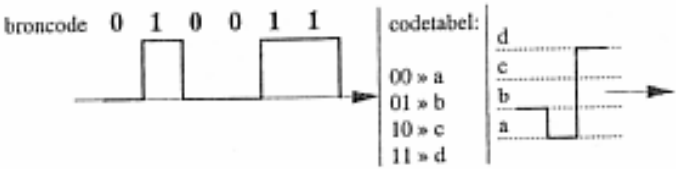
- Broncode moet volledig kunnen gerepresenteerd worden
- De overhead mag niet te groot zijn
- Synchronisatie moet mogelijk zijn ...

De kanaalcode kan voor korte afstanden vaak direct het kanaal op

Meestal geschiedt voor verzending een signaalbewerking om puls-vormen te krijgen, aangepast aan de bandbreedte van het medium.

Bekende kanaalcodes zijn:

- Return to zero/Non Return to Zero-code
- AMI-code
- HDB-n-code
- blokcodes

<p>Return to Zero</p> 	<p>Code kent een niveau tussen twee extremen Door vele overgangen goed te synchroniseren (zelfklokkend)</p> <p>In dit vb $+1,5 \text{ V} = 1$ $0 \text{ V} = \text{niveau tussen twee extremen}$ $-1,5 \text{ V} = 0$</p>
<p>Non Return to Zero-code (Manchester code)</p> 	<p>Door vele overgangen goed te synchroniseren (zelfklokkend)</p> <p>In dit vb: Van -2,5 V naar 0 = 1 Van 0 naar -2,5 V = 0</p> <p>Toepassing in lokale netwerken met korte afstanden (bv. In Ethernet)</p>
<p>AMI-code (Alternate Mark Inversion-code)</p> 	<p>Kent drie signaalniveaus om enen en nullen te coderen</p> <p>Nullen (mark) blijven wat ze zijn, maar de enen (space) wisselen beurtelings om</p> <p>Toepassing op de ISDN S-interface (smalband)</p>
<p>HDB-n-code</p> <p>Lijkt op de AMI-code, er kunnen echter maximaal n nullen achter elkaar voorkomen; Indien het bronsignaal meer nullen zendt, wordt een nul als een mark ('1') gecodeerd</p>	
<p>Blokcodes</p> 	<p>Zetten een aantal bites (een blok) om in een signaal dat meer niveaus kan aannemen. Dus meer bits per baud.</p> <p>Ternair: drie signaal niveaus Quartenair: vier signaalniveaus</p> <p>2B1Q (2binair en 1 quartenair) twee bits worden omgezet naar 1 quartenair symbool via codetabel</p> <p>ISDN-aansluiting abonnee/centrale is 2B1Q Andere blokcodes zijn: 2B2T, 4B3T</p>

Draaggolfskanalen

De banddoorlaatkarakteristiek geeft aan voor welk frequentiegebied het kanaal het best geschikt is voor informatietransport

Het signaal wordt verschoven naar het geschikste frequentiegebied

De informatie moet dus **gemoduleerd** worden om een optimale aanpassing van het signaal aan het kanaal te verkrijgen

Vb1

Frequentiebereik muzieksignaal 10-tallen Hz tot 20 kHz

Radio in de FM-band: 98,9 MHz

⇒ muzieksignaal uit radiostudio moduleren naar hogere frequentie

Vb2

Telefoonkanaal banddoorlaatkarakteristiek van 300 tot 3100 Hz

Digitale signaal uit computer -12 V voor logische '1' en +12 V voor logische '0'

Modem:

- de zender moduleert het signaal
- de ontvanger demoduleert het signaal

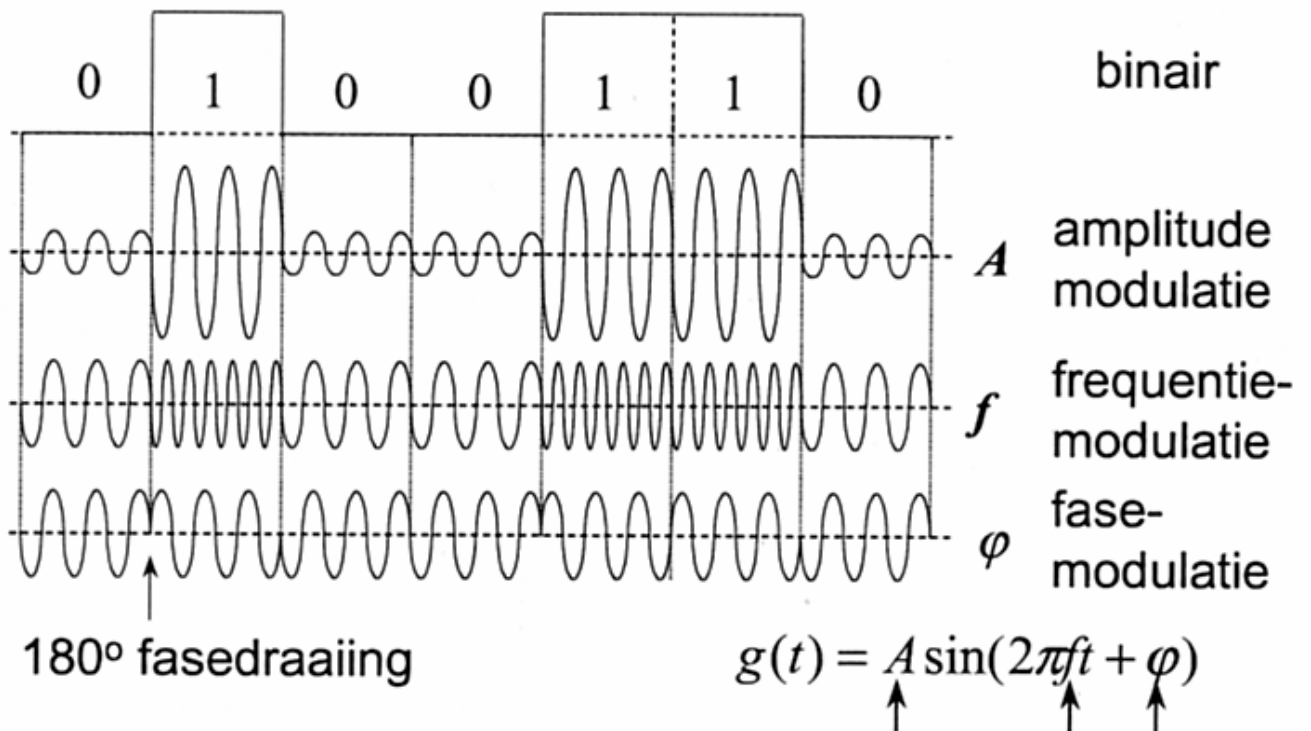
2.3 Modulatievormen

- de sinusvormige draaggolf
- Modulatie van digitale signalen
- Amplitudemodulatie
- Frequentiemodulatie
- Fasemodulatie

een zuiver sinusvormig signaal (zuivere pieptoon) heeft drie kenmerken die dit signaal beschrijven:

- Amplitude : sterkte van het signaal
- Frequentie : de toonhoogte van het signaal
- Fase : de hoek van het signaal

⇒ drie manieren om sinusvormig signaal (draaggolf) te moduleren (shift keying: ASK – FSK – PSK)



4 PSK (phase shift keying)

Faseverschuivingen van $90^\circ \Rightarrow$ 4 verschillende verschuivingen

Elke fase kan 2 bits overdragen (dibits)

16 PSK

Faseverschuivingen van $22,5^\circ$

Elke fase kan 4 bits overdragen

Toevoegen van meer fasetoestanden beperkt door ruis en storingen

QAM (Quadrature Amplitude Modulation)

Combinatie van fase en amplitudemodulatie

\Rightarrow Lagere storingsgevoeligheid

4QAM 2 bits transport

16 QAM 4 bits transport

64 QAM 6 bits transport

Deze modulatievormen gecombineerd met geavanceerde coderings- en detectietechnieken vormen de basis voor kieslijnmodems 14,4 en 28kbps en hoger.

Het theoretische maximum van de Shanonformule: 30.898 bps

2.4 Transmissiemedia

- Draad en draadloos
- Negroponte switch
- Twisted pair en coaxkabel
- Glasvezelkabels
- Draadloos

Negroponte switch

Omkering tussen draadgebonden en draadloze communicatie

Lezen blz. 91 – 101

2.5 Foutenbeheersing

Controlebits (extra bits):

- zorgen voor zekerheid dat de verzonden data intact ontvangen worden
- kunnen zelfs zorgen voor correctie van beschadigde informatie

Bit Error Rate (BER):

- Drukt uit op welk aantal bits één fout optreedt
- Zegt iets over de kwaliteit van het medium
Vb: datatransmissie via telefoonlijnen 10^{-5} ; via glasvezel 10^{-9}

In de praktijk gebruikt men BER in een tijdsinterval

- Error seconds: een seconde waarin één of meer bitfouten optreden
- Severely error seconds: als de BER een standaardBER van 10^{-3} overschrijdt

Pariteit

Even en oneven pariteit

	bitnummer	8	7	6	5	4	3	2	1	
De code voor de letter M is		1	0	0	1	1	0	1		(zie II.5.4)
Met pariteitsbit 0 wordt M		0	1	0	0	1	1	0	1	met even pariteit
Met pariteitsbit 1 wordt M		1	1	0	0	1	1	0	1	met oneven pariteit

Dwars en langspariteit

Vertical en Longitudanal Redundancy Check (VRC en LRC)

Voorbeeld (pariteit even)

bitnummer	8	7	6	5	4	3	2	1
Met even pariteit wordt M	0	1	0	0	1	1	0	1
Met even pariteit wordt O	1	1	0	0	1	1	1	1
Met even pariteit wordt I	1	1	0	0	1	0	0	1
Met even pariteit wordt R	1	1	0	1	0	0	1	0
Met even pariteit wordt A	0	1	0	0	0	0	0	1
Pariteit	1	1	0	1	1	0	0	0

(waarde letter X)

Cyclische codes

- Het bericht wordt opgevat als één lange rij bits (één groot getal)
- Dit getal wordt gedeeld door een speciaal gekozen getal (een polynoom)
- De rest van de deling wordt meegezonden

Voorbeeld:

```

101/10010010100/101111011
  101-
   110
   101-
    110
    101-
     111
     101-
      100
      101-
       110
       101-
        110
        101-
         11 (de rest van de deling)
    
```

Polynoom: 101 (deler)

Bericht: 100100101

Aftrekken volgens exclusieve OR-functie:

- 0 – 0 = 0
- 1 – 0 = 1
- 0 – 1 = 1
- 1 – 1 = 0

Rest deling: 11

Verzonden: 100100101**11**

Polynoom 101 kan wiskundig genoteerd worden als:

$$X^2 + 1 \text{ (eigenlijk: } 1 \times X^2 + 0 \times X^1 + 1 \times X^0)$$

Daarom spreekt men van CRC-2 (tweede graad)

In de praktijk gebruikt men CRC-8, CRC-16, CRC-32

Foutencorrectie is mogelijk door nog meer bits mee te sturen

Een alternatief is minder bits mee te zenden en bij foutendetctie hertransmissie vragen.