

A network diagram consisting of white circles connected by white lines, set against a green-to-blue gradient background. Several nodes contain icons: a smartphone, a laptop, a mouse, a television labeled 'iTV', and a globe.

DVB-T2

De Technologie

Willem van Ooijen
N&I SP iTV DevOps TB

Digital Video Broadcasting (DVB)

Terrestrial



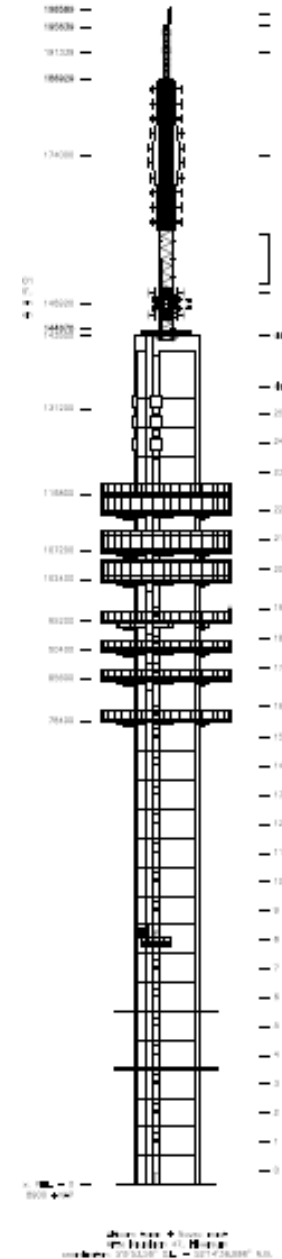
Wat is T2?

- DVB - Digital Video Broadcasting
- T - Terrestrial
- 2 – Second Generation
- In het leven geroepen door het [DVB](#) consortium

T2 biedt

- Hogere bandbreedte bij dezelfde signaalruisverhouding
- Lagere signaalruisverhoudingen voor dezelfde bandbreedte

T2 maakt het uitzenden van HDTV via de ether mogelijk. En dat is precies wat KPN met Digitenne2.0 gaat doen

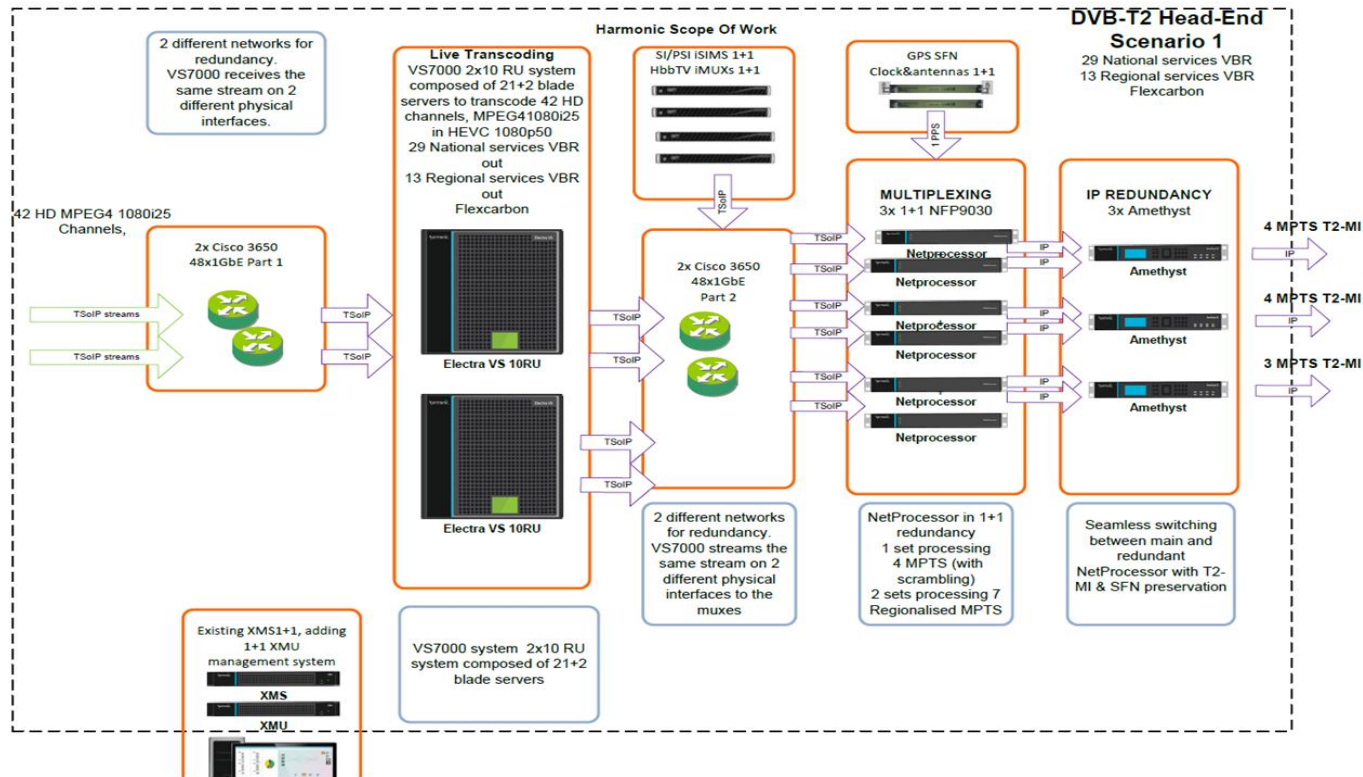


DVB-T2

Gecomprimeerde, versleutelde en gemultiplexte signalen



General Encoding Platform T2 Project



Video codec

- MPEG HEVC
- 1080p

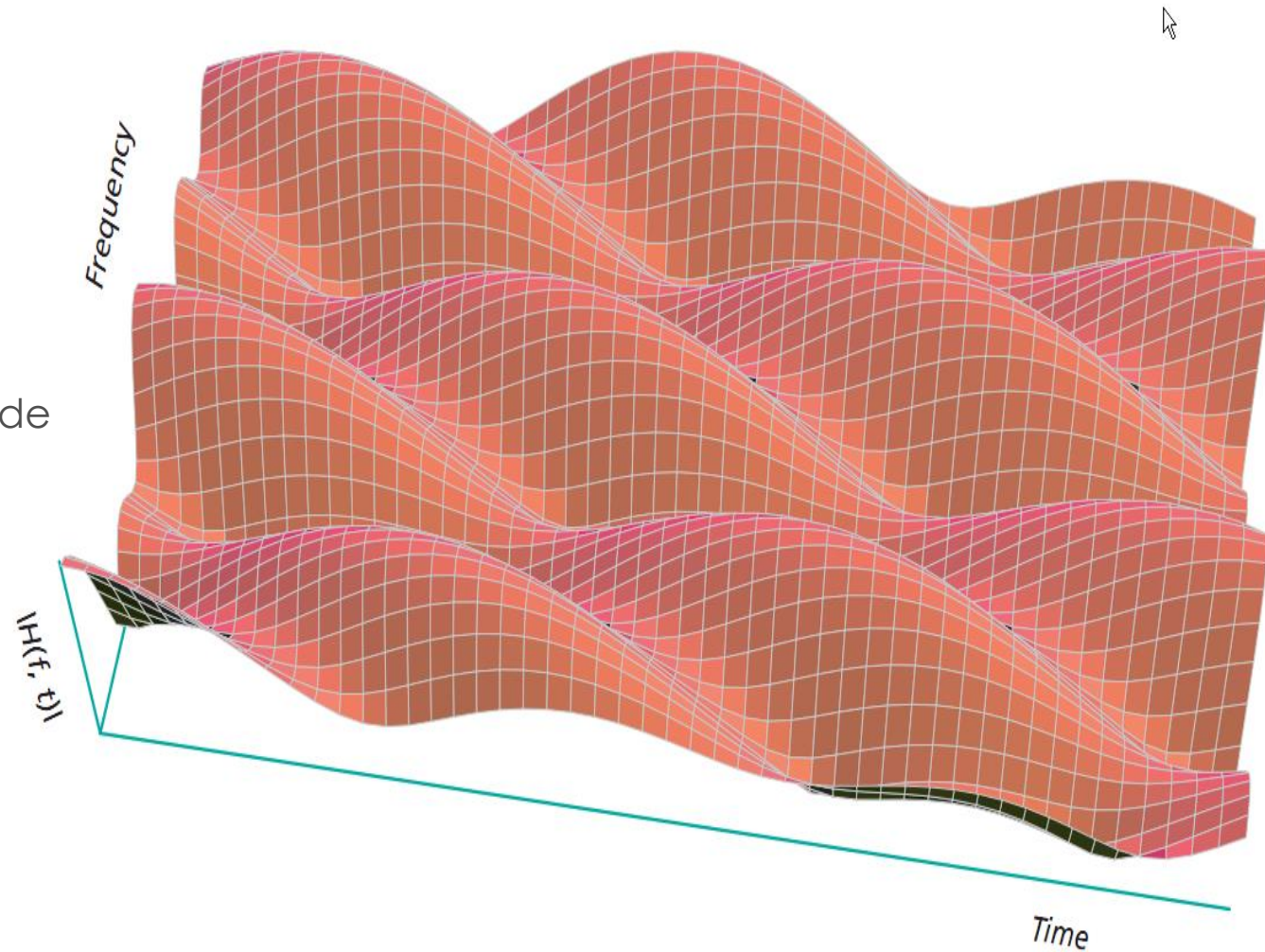
Goede HD kwaliteit op lage bandbreedtes



Propagatie wordt beïnvloed door verschillende verschijnselen, zoals:

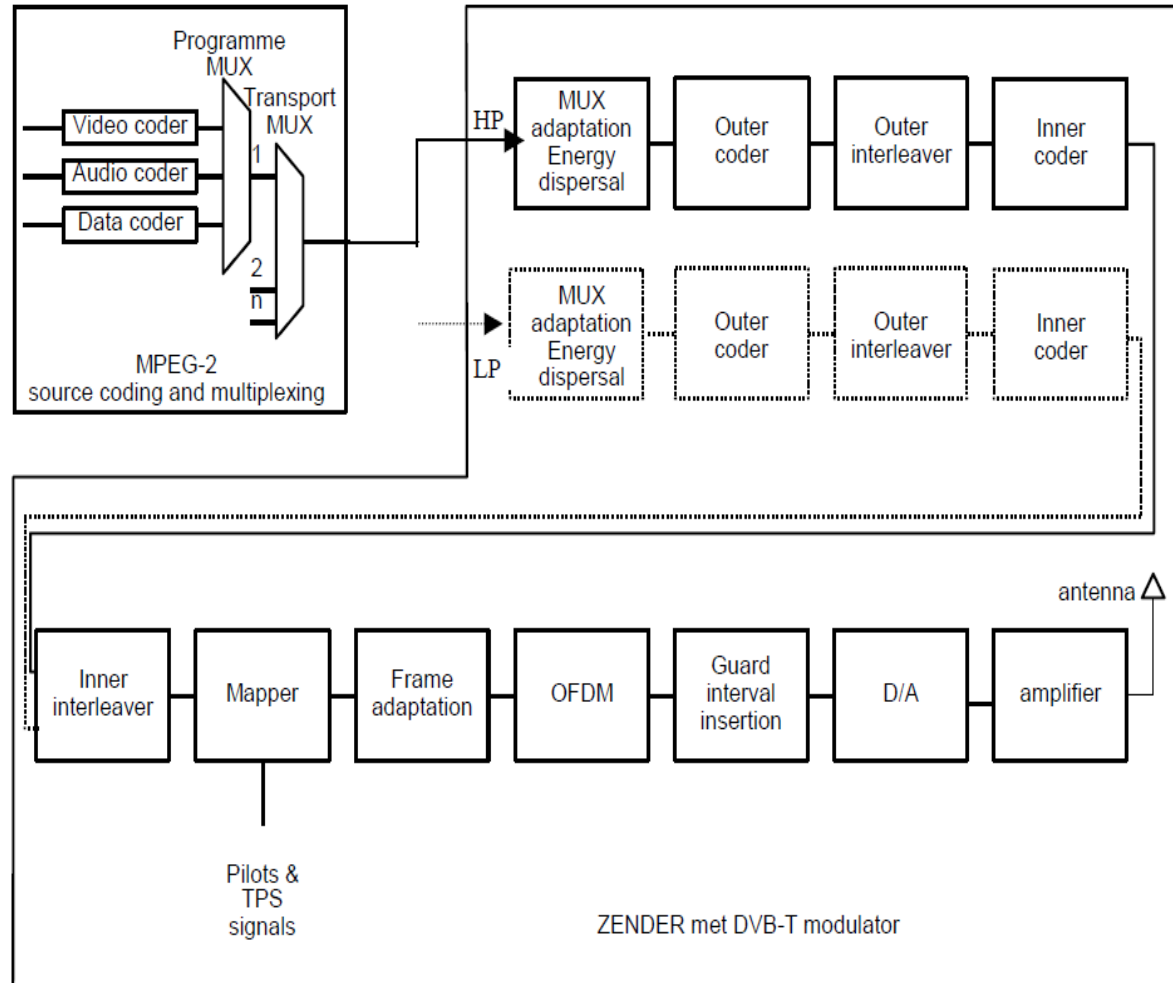
- Interferentie
- Fading
- (man made) Noise
- (Multipath) reflecties
- Doppler shift
- Weersomstandigheden

Dit alles maakt de ether een omgeving met continu wisselende eigenschappen



DVB-T

De modulator – de oplossing voor al uw problemen



Overzicht van de verschillende signaalbewerkingen in de modulator

DVB-T(2)

Hoe komt het signaal bij de ontvanger?

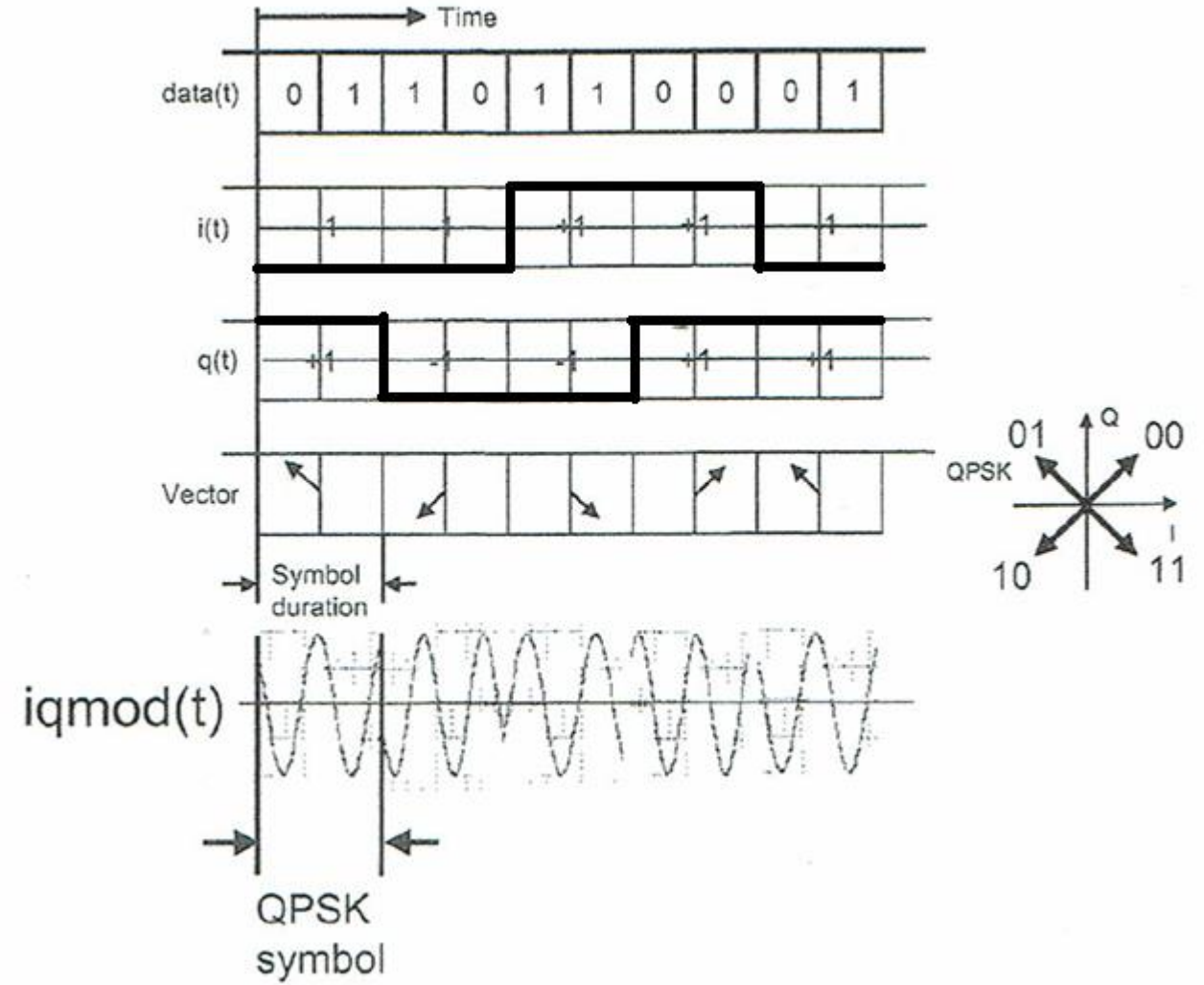
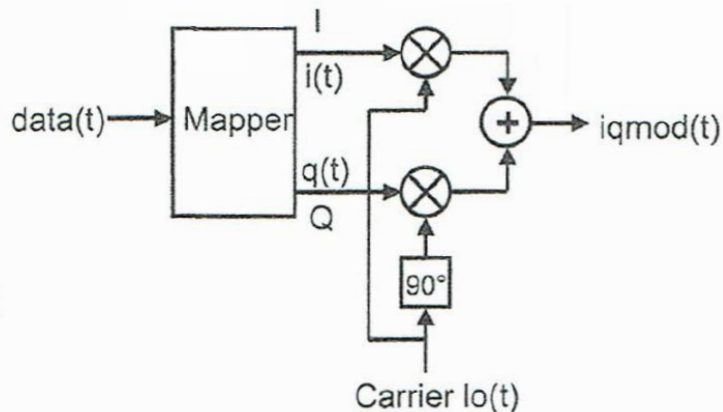


OFDM is vorm van QAM

- 2 draaggolven met 90 graden faseverschuiving
- Combinatie van amplitude en fase modulatie. Eenvoudige vorm is QPSK
- Met behulp van een tabel/code worden de bits omgezet naar een complexe waarde langs de I en Q as. In het Engels heet deze bewerking mapping.

Mapping table

Bit 1	Bit 0	I	Q
0	0	+1	+1
0	1	-1	+1
1	0	-1	-1
1	1	+1	-1



Elke unieke combinatie van 2 bits geeft de draaggolf een unieke fase

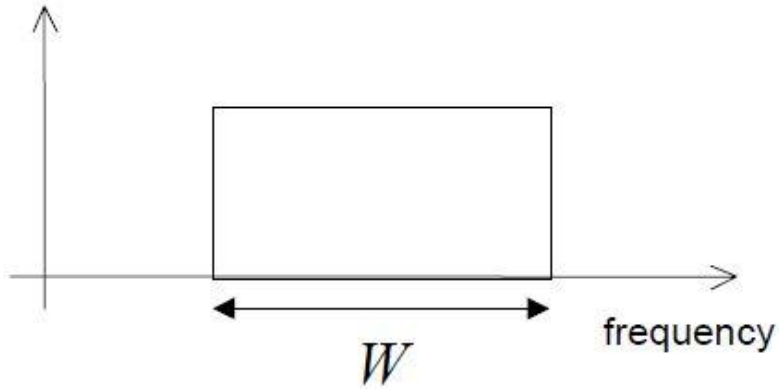
DVB-T(2)

Multi-carrier

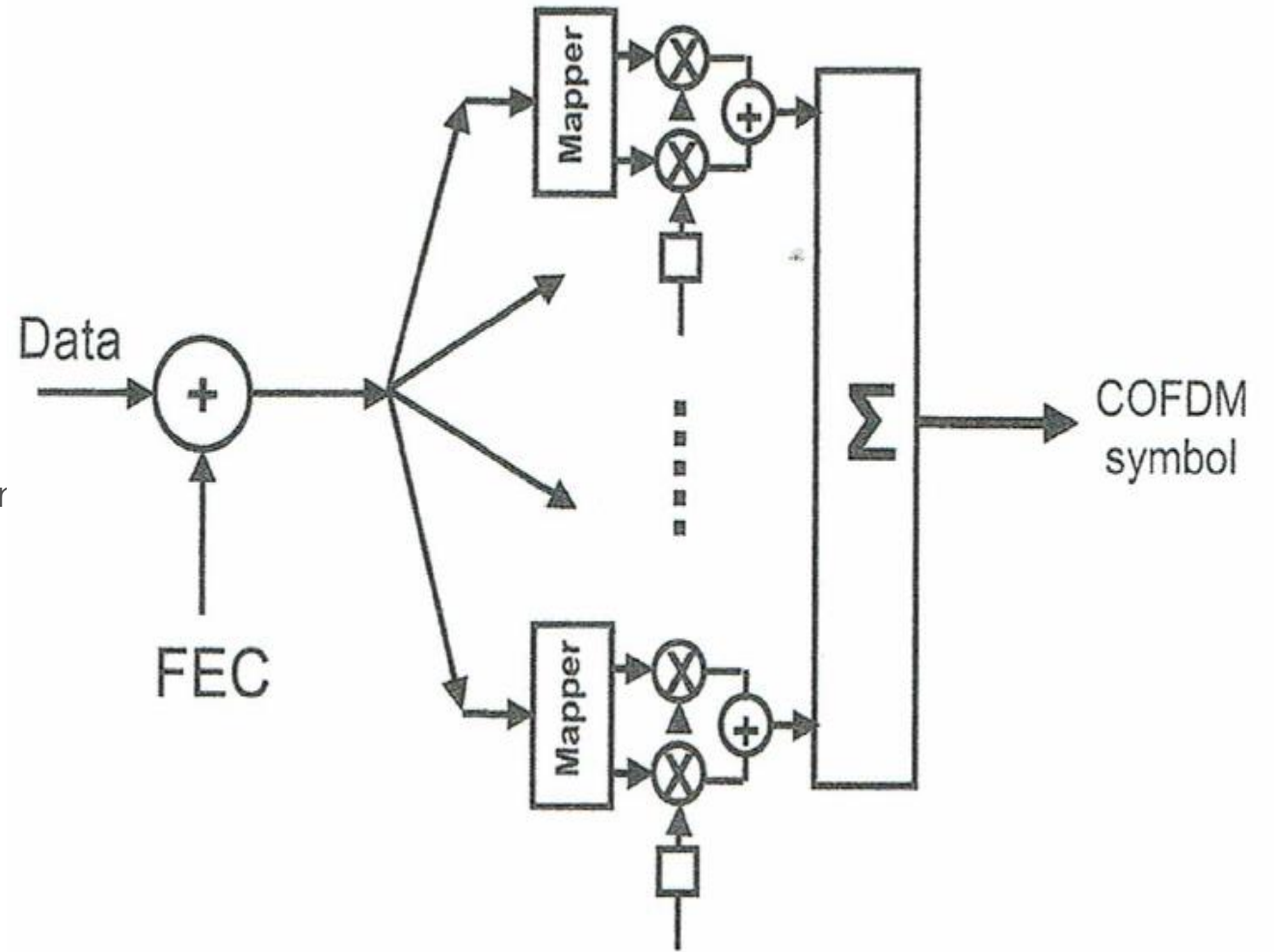
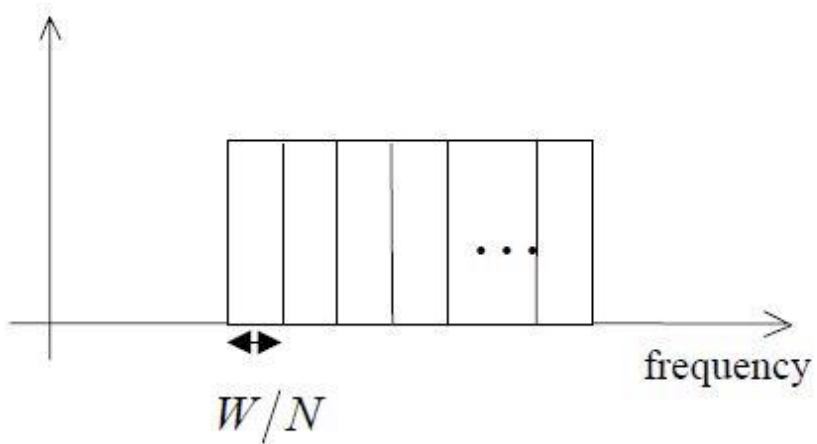


Modulatie

Met alleen QAM is bit rate (te) beperkt.



Er is 8MHz beschikbaar dus kunnen meerdere draaggolven worden gebruikt om uit te zenden (Multicarrier).



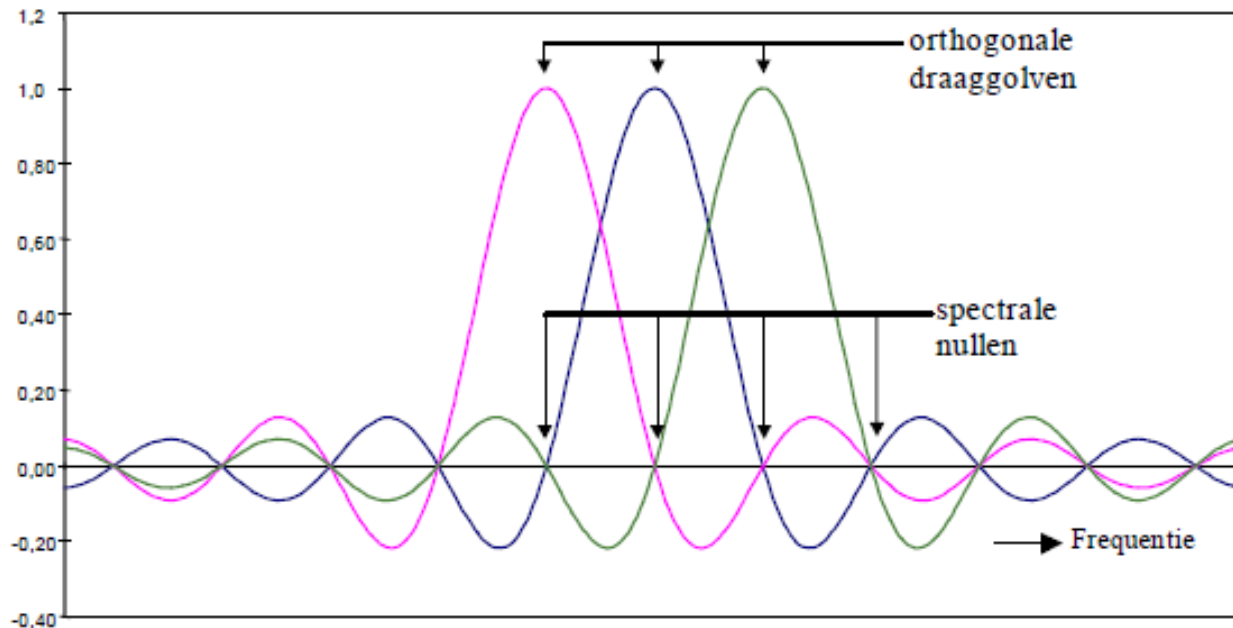
DVB-T(2)

(C)OFDM – An idea whose time has come!



Data wordt verdeeld over vele draaggolven. **Is bedacht in de jaren 60! Was toen technisch te complex om te realiseren**

- Coded > Gebruik van error correctie
- Orthogonaal > Maximum van een draaggolf samenvalt met de nullen van de andere
- Frequency Division Multiplexing > Gebruik van meerdere frequenties



DVB-T(2)

Rotated Constellation



Betere reconstructie van fouten doordat elk constellatiepunt uniek is. Lagere C/N

Rotated Constellation in DVB-T2 Systems

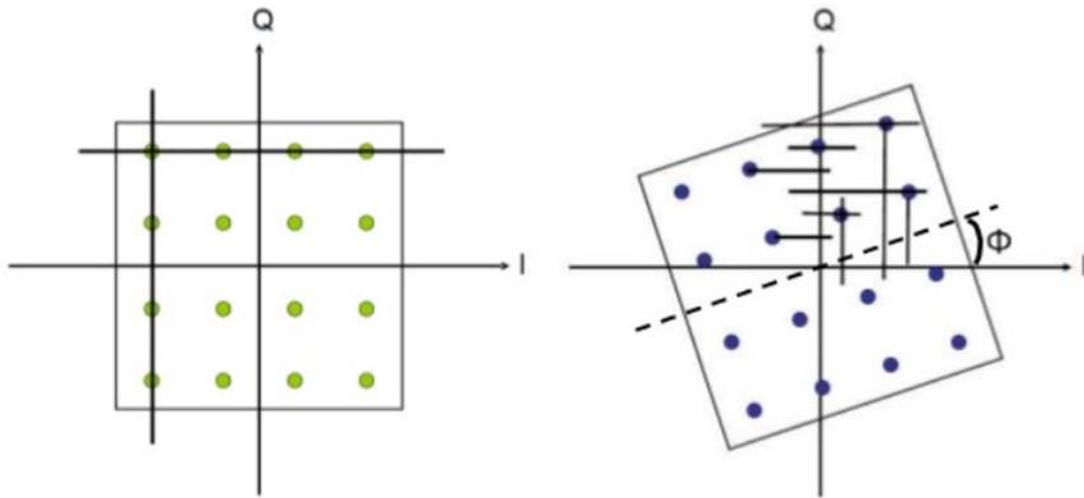


Table 16: Rotation angle for each modulation type

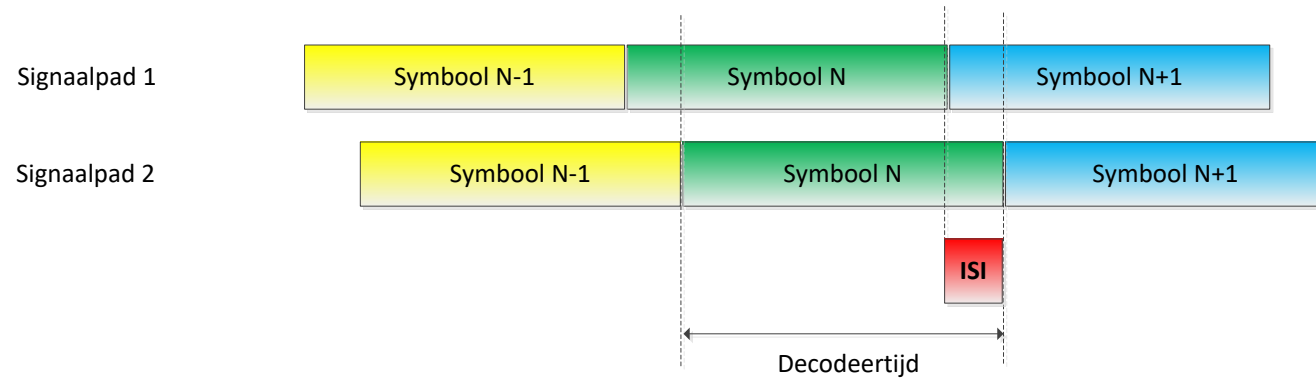
Modulation	QPSK	16-QAM	64-QAM	256-QAM
Φ (degrees)	29,0	16,8	8,6	$\text{atan}(1/16)$

DVB-T(2)

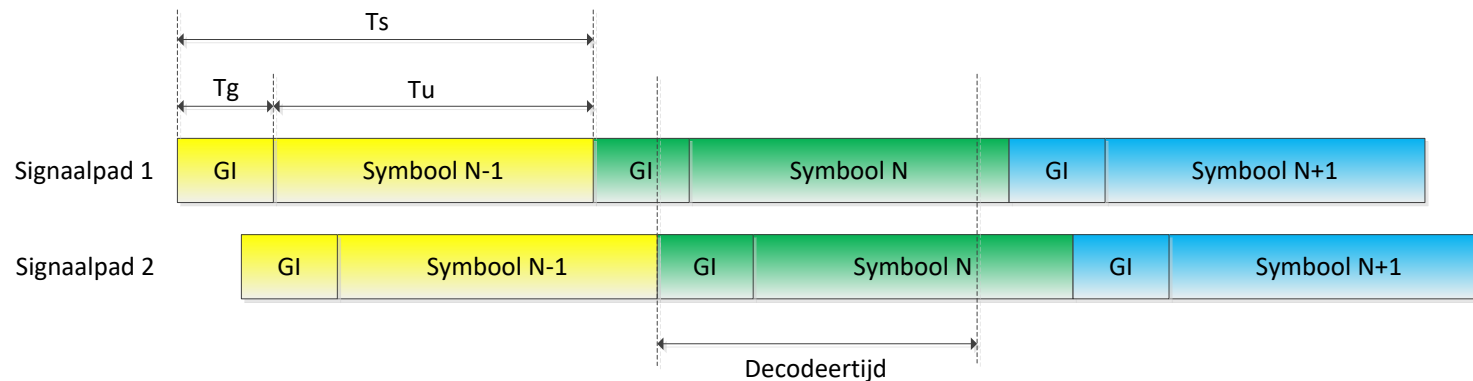
Guard interval



Meerwegontvangst kan leiden tot Inter Symbol Interferentie (ISI)



COFDM kan geschikt gemaakt worden voor meerwegontvangst door toevoeging van een guard interval.



DVB-T(2)

Single Frequency Networks



SFN

- Frequenties zijn schaars
- COFDM in combinatie met een guard interval maakt het gebruik van Single Frequency Networks mogelijk.
- In een SFN moeten alle zenders worden gesynchroniseerd
- Homogenere signaalverdeling
- SFN moeten bewaakt worden

NTS1



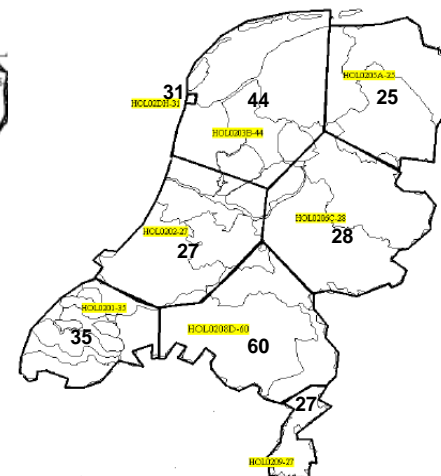
NTS2



NTS3



NTS4



RTS1-13

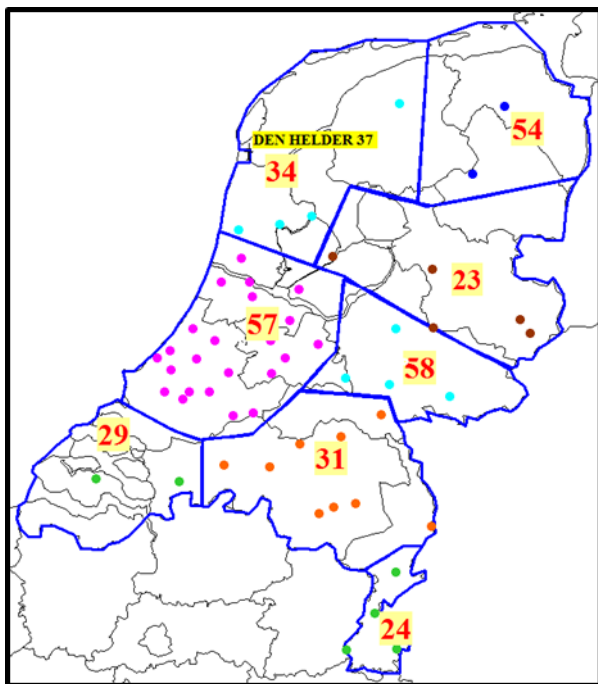


DVB-T(2)

Relatie tussen GI en SFN

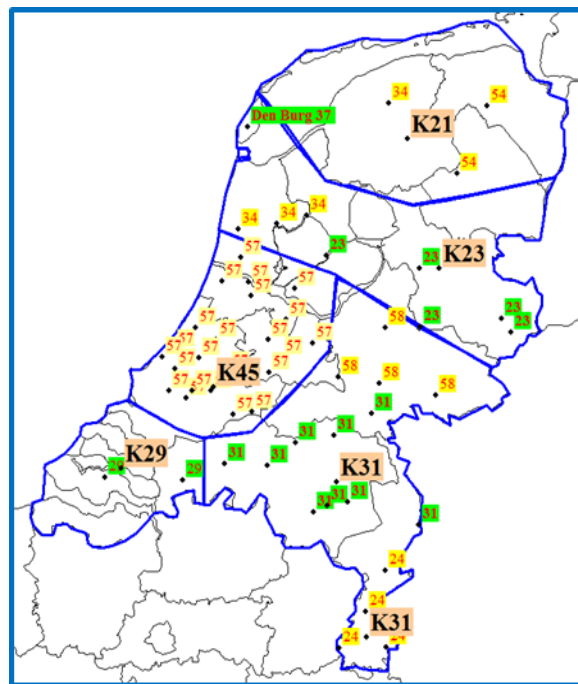


- Grotere guard intervallen waardoor grotere SFN mogelijk worden. Dit is ook nodig omdat voor 2020 de 700MHz band vrij gemaakt moet worden.



- T**
- 1/32
 - 1/16
 - 1/8
 - 1/4

$T_{u,8k}=896 \mu s$
 $GI=1/4$
 $GI \text{ duration}=896 \mu s/4=224 \mu s$
Correspondeert met 67,1km



- T2**
- 1/128
 - 1/32
 - 1/16
 - 19/256
 - 1/8
 - 19/128
 - 1/4

$T_{u,8k}=3584 \mu s$
 $GI=1/4$
 $GI \text{ duration}=3584 \mu s/4=896 \mu s$
Correspondeert met 268,4km



Energy dispersal

- Ruwe seriële is ongeschikt om direct uit zenden
- Het kan een serie van enen en nullen bevatten waardoor de klok van slag raakt
- Oplossing: Laat het signaal lijken op ruis
- *Mix (ExOr)* het signaal met een Pseudo-Random Bit Sequence (PRBS)
- Kan ongedaan worden gemaakt door er bij de ontvanger dezelfde bewerking uit te voeren

Outer encoding

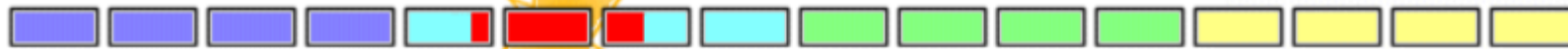
- Omroep is éénrichtingsverkeer dus moet de data Quasi Error Free worden overgebracht
- Voeg extra bits toe om transmissiefouten te kunnen corrigeren > Forward Error Correction (FEC)
- **T**: Reed Solomon (RS)
- **T2**: BCH (Bose, Chaudhuri and Hocquenghem)



Outer interleaver

- Bij verstoringen van buitenaf kunnen er kortstondig veel fouten op treden
- Bij deze kortstondige fouten werkt de outer decoder niet goed meer.
- Verschuif opeenvolgende bits in tijd.
- Dit kan bijvoorbeeld door horizontaal de codewoorden in te lezen en verticaal uit te lezen. Dit wordt interleaving genoemd.

FAST



Raw data stream

Sudden burst of Noise
causing errors

INTERLEAVED



Interleaved data stream



Re-assembled stream



Inner encoding

- Een combinatie van outer encoding en outer interleaving is onvoldoende voor QEF overdracht
- Door gebruik van een extra coder, de inner coder, kan de hele keten nog robuuster gemaakt worden.
Uitgevonden in de jaren 60!
- Kent verschillende instellingen die worden aangeduid met de term code rate. De code rate is van invloed om de bitrate.
- **T**: Convolutional encoder gebruikt.
- **T2**: BCH+LDPC levert ongeveer 30% van de capaciteitsgroei t.o.v. DVB-T
- LDPC codes benaderen de theoretische Shannon limiet voor maximale kanaalcapaciteit.
- Decoderen van LDPC codes vergt een enorme hoeveelheid processorkracht. Kan pas nu

Inner interleaver

- Bedoeld om frequentie selectieve fading te bestrijden
- Mixen van verschillende OFDM symbolen. Hierdoor wordt effect uitgesmeerd over meerdere symbolen.

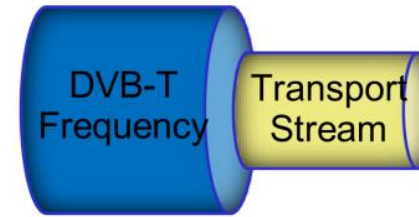
DVB-T(2)

Modulatie en robuustheid



T1

Een Transport Stroom per kanaal/frequentie



T2

Gebruik van Physical Layer Pipes.
Physical Layer Pipe (PLP). Elke PLP heeft zijn eigen modulatie en robuustheid.



DVB-T(2)

Verhouding tussen bit rate en signaalniveau



Alle eerder genoemde parameters zoals

- Carrier modulatie (QPSK, 16QAM, 64QAM or 256 QAM)
- Guard interval (1/4, 19/128, 1/8, 19/256, 1/16, 1/32, 1/128)
- FEC Code rate (1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6)

bepalen samen

- de bruikbare bit rate maar ook
- het minimal benodigde signaalniveau

dat nodig is voor goede ontvangst

Er is dus een directe verhouding tussen bitrate en signaal niveau

System variant	Modulation	Code Rate	Required C/N for BER=2. 10 ⁻⁴ after Viterbi (quasi error-free after Reed-Solomon)			Net bit rate (Mbit/s)			
			Gaussian channel	Ricean channel (F ₁)	Rayleigh channel (P ₁)	D/T _U =1/4	D/T _U =1/8	D/T _U =1/16	D/T _U =1/32
A1	QPSK	1/2	3.1	3.6	5.4	4.98	5.53	5.85	6.03
A2	QPSK	2/3	4.9	5.7	8.4	6.64	7.37	7.81	8.04
A3	QPSK	3/4	5.9	6.8	10.7	7.46	8.29	8.78	9.05
A5	QPSK	5/6	6.9	8.0	13.1	8.29	9.22	9.76	10.05
A7	QPSK	7/8	7.7	8.7	16.3	8.71	9.68	10.25	10.56
B1	16-QAM	1/2	8.8	9.6	11.2	9.95	11.06	11.71	12.06
B2	16-QAM	2/3	11.1	11.6	14.2	13.27	14.75	15.61	16.09
B3	16-QAM	3/4	12.5	13.0	16.7	14.93	16.59	17.56	18.10
B5	16-QAM	5/6	13.5	14.4	19.3	16.59	18.43	19.52	20.11
B7	16-QAM	7/8	13.9	15.0	22.8	17.42	19.35	20.49	21.11
C1	64-QAM	1/2	14.4	14.7	16.0	14.93	16.59	17.56	18.10
C2	64-QAM	2/3	16.5	17.1	19.3	19.91	22.12	23.42	24.13
C3	64-QAM	3/4	18.0	18.6	21.7	22.39	24.88	26.35	27.14
C5	64-QAM	5/6	19.3	20.0	25.3	24.88	27.65	29.27	30.16
C7	64-QAM	7/8	20.1	21.0	27.9	26.13	29.03	30.74	31.67



Uitgangspunten

- 5 lagen volgens nieuwe indeling. Dit betekent geen frequenties boven de 694MHz, oftewel geen kanalen boven de 48 (686MHz- 694MHz) en grotere allotments.
- In elke allotment van een netwerklaag wordt hetzelfde pakket uitgezonden dus geen differentiatie per allotment binnen één laag.
- Gewenste verzorging (Receiving Condition): Portable indoor (Plaatswaarschijnlijkheid, gebouwendemping)
- RF-bandbreedte: 8MHz.
- Gewenste bit rate per laag ~30Mbps.
- Huidige C/N is 19,3dB. Deze waarde wordt als bovengrens voor DVB-T2 gehanteerd . Hogere C/N betekent vermogensverhogingen en/of netwerkverdichtingen. Dit is ongewenst.



Guard interval

- Vuistregel: GI bepaalt maximale afstand tussen 2 zenders in een SFN
- Guard interval huidige netwerk - $224\mu\text{s}$. Dit is onvoldoende voor de nieuwe allotment indeling.
- Mogelijke keuzes: $266\mu\text{s}$ (79,8km), $448\mu\text{s}$ (134,8km) en $532\mu\text{s}$ (159,6km).
- Grootste allotment bepaalt keuze van de guard interval. In de nieuwe indeling is dit het allotment voor K36 in laag 1



K36

- Afstand Den Burg – Enschede ~ 166km.
- $448\mu\text{s}$ komt over een met 135 km
- Er is geen harde overgang tussen bijdrage en stoorder
- In het huidige netwerk zijn er opstelpunten binnen een allotment waartussen de afstand groter is dan 67,2km.
- Gekozen GI $448\mu\text{s}$
- Bevestigd door Radioplanning

DVB-T2

Parameterkeuze



Constellation	FFT-size	Guard Interval	Code rate	Pilot Pattern	Bitrate [Mbps]	C/N [dB]
256 QAM	16k	1/4	1/2	PP1	22,11	15,60
			3/5		26,55	18,30
			2/3		29,50	20,10
			3/4		33,22	22,60
			4/5		36,44	24,30
			5/6		36,94	25,40
	32k	1/8	1/2	PP2	24,61	15,60
			3/5		29,56	18,30
			2/3		32,84	20,10
			3/4		36,98	22,60
64 QAM	16k	1/4	1/2	PP1	16,55	11,90
			3/5		19,89	14,00
			2/3		22,16	15,60
			3/4		24,89	17,70
			4/5		26,55	19,20
			5/6		27,72	20,20
	32k	1/8	1/2	PP2	18,43	11,90
			3/5		22,14	14,00
			2/3		24,67	15,60
			3/4		27,7	17,70
			4/5	29,56	19,20	
			5/6	30,86	20,20	

- Constellatie: 256QAM
- FFT-grootte: 32k
- GI: 1/8
- CR: 3/5

- $T_U=3,584\text{ms}$
- $\Delta f=0,279\text{kHz}$
- $T_g=448\mu\text{s}$



Waar staan we nu

- Head-end is gebouwd en draait
- Nieuw Conditional Access (CA) platform draai. Momenteel wordt er op T1 gesimulcrypt
- T1 Distributie is MPEG2-TS op ASI over MExNet
- T2 Distributie wordt T2-MI op IP over WEAS
- Gestart met de uitrol van de nieuwe STBs

Wat gaan we nog doen

- Ombouw van de zendinstallaties. Een deel (21) wordt volledig vernieuwd; de rest wordt geschikt gemaakt voor T2 door vervanging van de modulatoren
- Overgang van T1 naar T2 binnen de huidige allotments
- Overgang naar de nieuwe grotere allotments => Omstemmen en vrijmaken van 700MHz band

