

Coherente optische modulatie begrijpen

Inhoud

[Inleiding](#)

[Achtergrondinformatie](#)

[Eigenschappen van Licht](#)

[Probleem](#)

[Oplossing](#)

[Phase Shift-toets \(PSK\)](#)

[Binaire fase-verschuivingstoets \(BPSK\)](#)

[Quadrature Phase Shift-toets](#)

[Quadrature Amplitude Modulation \(QAM\)](#)

[8-QAM](#)

[16-QAM](#)

[32-QAM en 64-QAM](#)

[Polarisatie-multiplexing \(PM\)](#)

[Optische prestatiebewaking](#)

Inleiding

In dit document worden de basisbeginselen beschreven van regelingen voor coherente optische modulatie die worden gebruikt in DWDM-netwerken (Dense Wavelength Division Multiplexed).

Achtergrondinformatie

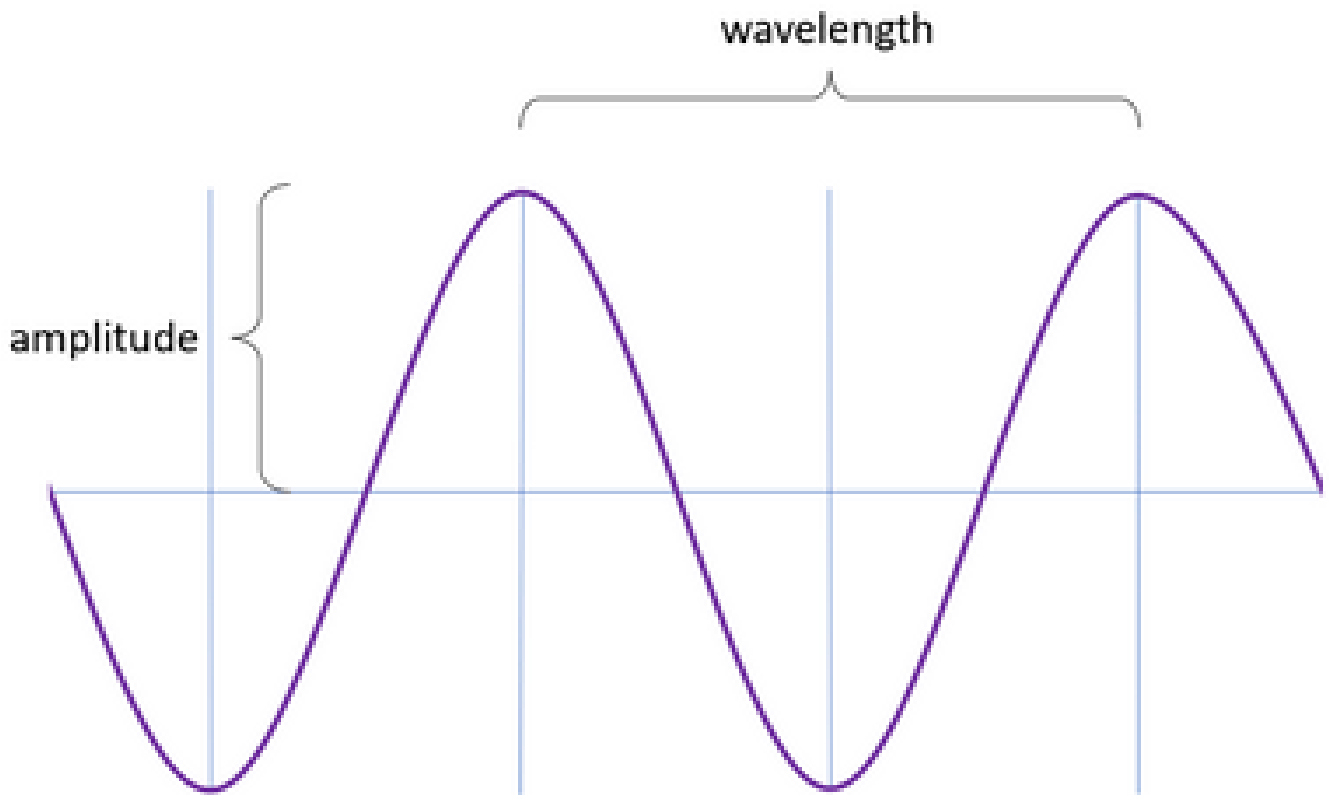
Een modulatieregeling verandert voortdurend de eigenschappen van een golfvorm. In dit geval, is het licht, om de binaire informatie in de golfvorm te coderen. Moderne optische netwerken maken gebruik van een verscheidenheid aan modulatieregelingen om de gegevens over honderden tot duizenden kilometers te vervoeren.

Eigenschappen van Licht

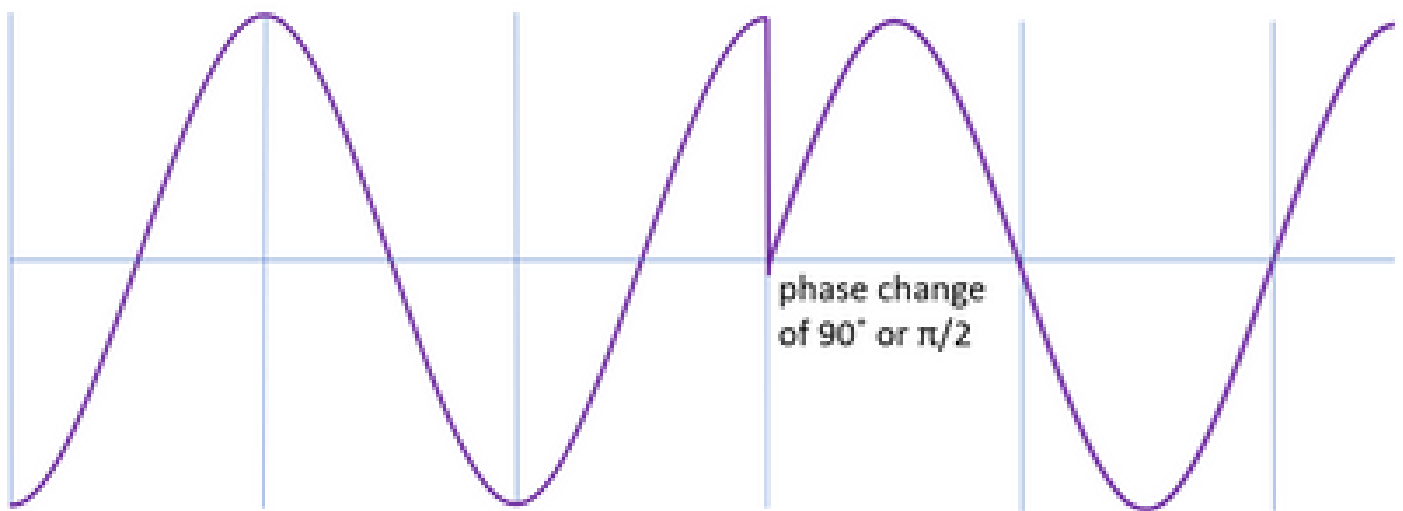
DWDM-netwerken maken gebruik van verschillende eigenschappen van licht om de informatie efficiënt te coderen.

1. Golflengte of frequentie - elk kanaal in een DWDM-netwerk gebruikt een specifieke golflengte in de C-band, tussen ongeveer 1527 nm en 1565 nm. Elk signaal kan verschillende bandbreedte bieden, afhankelijk van het standaard snelheid en modulatieschema.
2. Fase - de hoek van een golfvorm die typisch in radialen wordt gemeten. Het veranderen van de fase vertaalt de periode van de golfvorm in tijd.
3. Amplitude - een maat voor het totale vermogen van een signaal in decibel-milliwatt (dBm).
4. Polarisatie - elektromagnetische golven hebben twee primaire polarisatietoestanden,

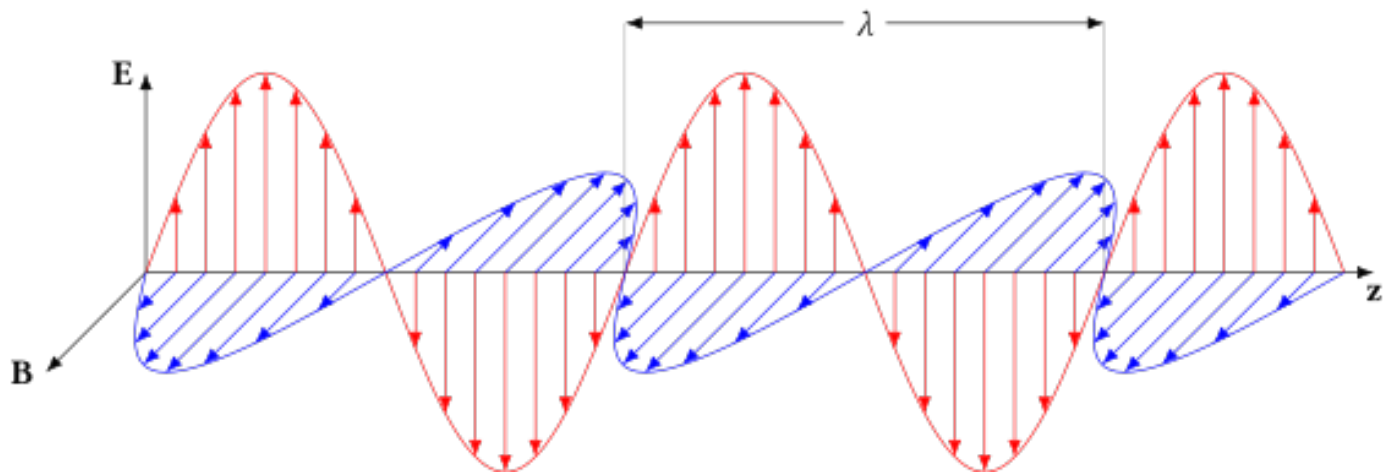
gedefinieerd door de elektrische en magnetische velden. Elke polarisatie kan informatie bevatten die gecodeerd wordt door een modulatieschema. Sommige optische producten van Cisco gebruiken de notatie Coherent Polarisatie-Multiplexed (CP) of Polarisatie Multiplexed (PM) om het gebruik van polarisatie in de modulatie te identificeren.



Golflengte en amplitude



Fase-modulatie



Tranverse polarisatie van licht

Probleem

Elektrische gegevensoverdracht heeft significante afstandbeperkingen in vergelijking met optische gegevensoverdracht. Verouderde optische coderingsschema's met on/off-signalering, zoals Non-Return to Zero (NRZ), hebben te lijden onder de effecten van chromatische dispersie (CD), waardoor de effectieve afstand wordt beperkt zonder gebruik van dispersie-eenheden (DCU). Om gegevens over vele kilometers met snelheden van meer dan 10 Gbps effectief over te dragen, moeten transceivers coherente modulatieregelingen gebruiken.

Oplossing

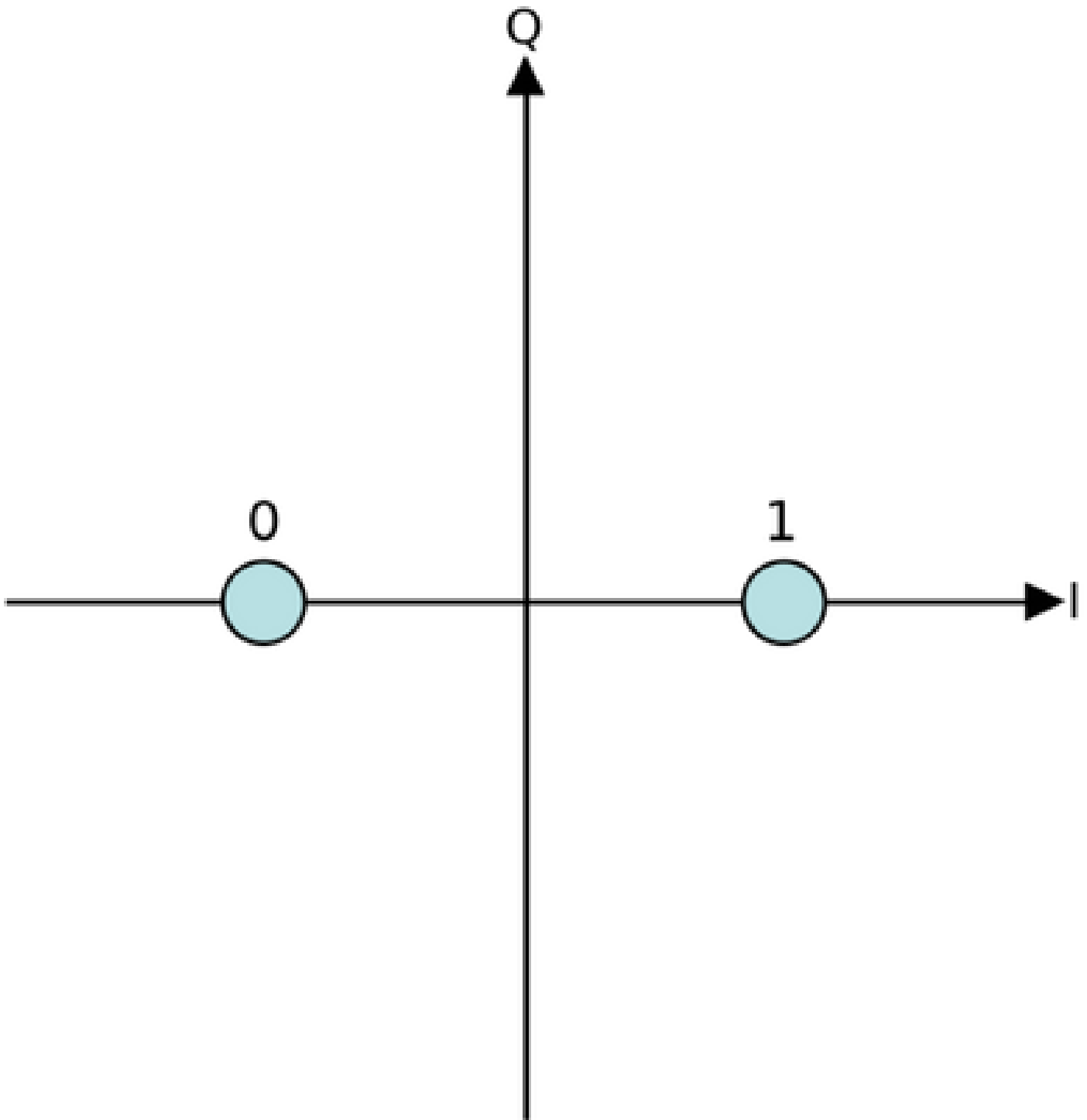
Het veranderen van de fase en/of de amplitude van een golf codeert informatie als een symbool, een enkele eenheid van transmissie die een of meer bits bevat. De waarde van het symbool hangt af van de fase en amplitude gemeten bij de ontvanger. Alle vermelde schema's kunnen polarisatie multiplexing gebruiken om de gegevenssnelheid te verhogen.

Phase Shift-toets (PSK)

PSK modulatie verschuift de fase van het signaal om een bit of bits te coderen. Aangezien de fase van het signaal kan veranderen aangezien het de vezel oversteekt, meet de ontvanger het verschil in fase tussen opeenvolgende symbolen om hun waarde nauwkeuriger te bepalen. Dit wordt de differentiële faseverschuivingsleutel (DPSK) genoemd.

Binaire fase-verschuivingstoets (BPSK)

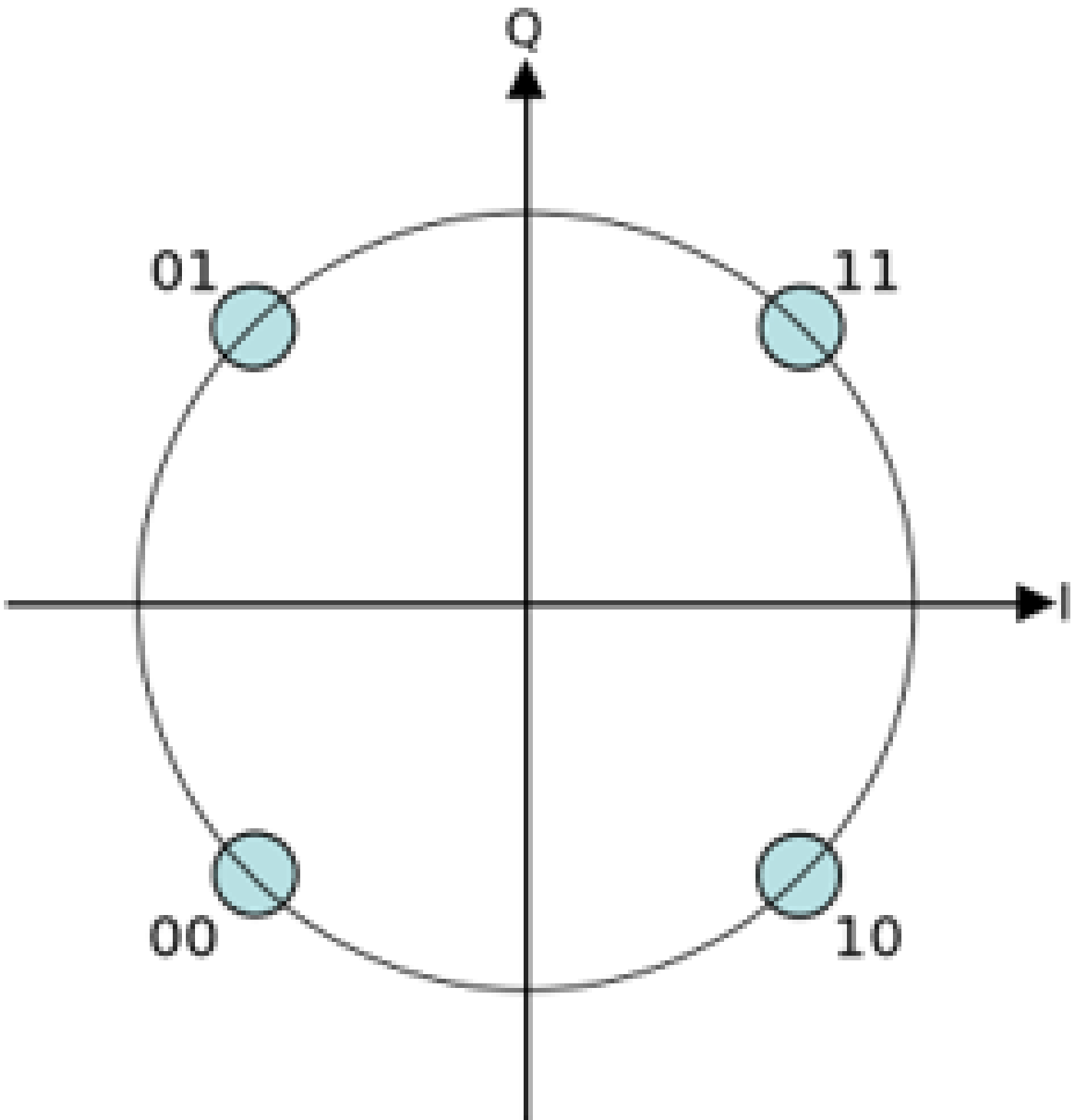
BPSK verandert de fase van het signaal door π radialen of 180 graden om 0 of 1 te coderen. Het opmerkelijke verschil tussen de fasen resulteert in lage eisen voor optische signaal-ruisverhouding (OSNR) en signalen die gebruik maken van deze modulatie kunnen mogelijk duizenden kilometers afleggen. Het lage aantal bits per symbool beperkt de gegevenssnelheid van BPSK-signalen tot ongeveer 100 Gbps.



Constellatieschema van BPSK-modulatie

Quadrature Phase Shift-toets

QPSK verandert de fase tussen opeenvolgende symbolen met $\pi/2$ radialen of 90 graden. De kleinere verandering in fase verhoogt de informatiedichtheid tot twee bits per symbool als QPSK vier mogelijke toestanden heeft.



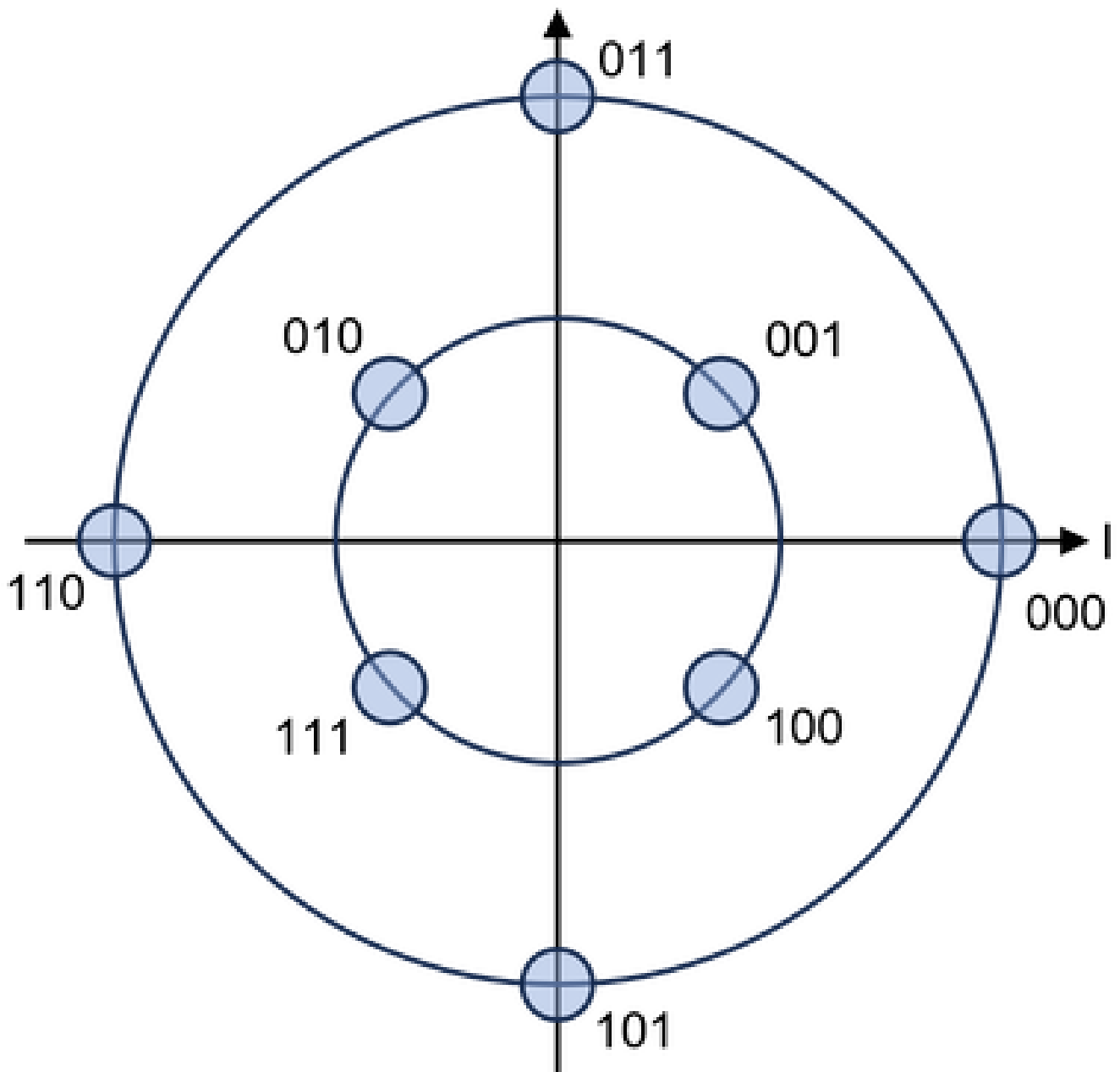
Constellatieschema van QSPK-modulatie

Quadrature Amplitude Modulation (QAM)

Om het aantal bits per symbool verder te verhogen, kan de zender de amplitude van het signaal wijzigen naast de fase. Het aantal punten in de constellatie (symbolen) bepaalt het type QAM.

8 QAM

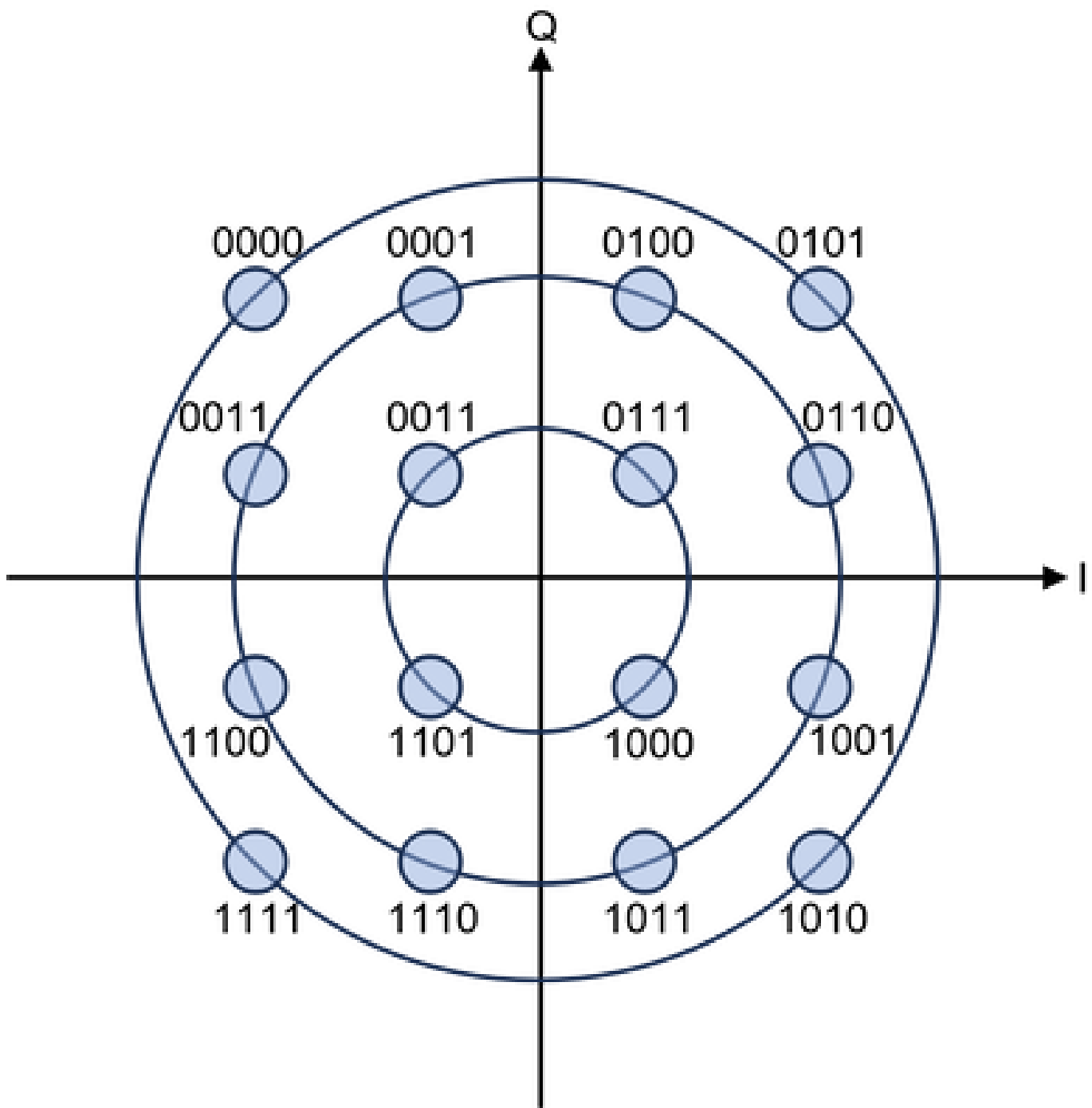
Acht mogelijke staten geven drie bits per symbool voor deze modulatieregeling.



Constellatieschema van 8-QAM

16 QAM

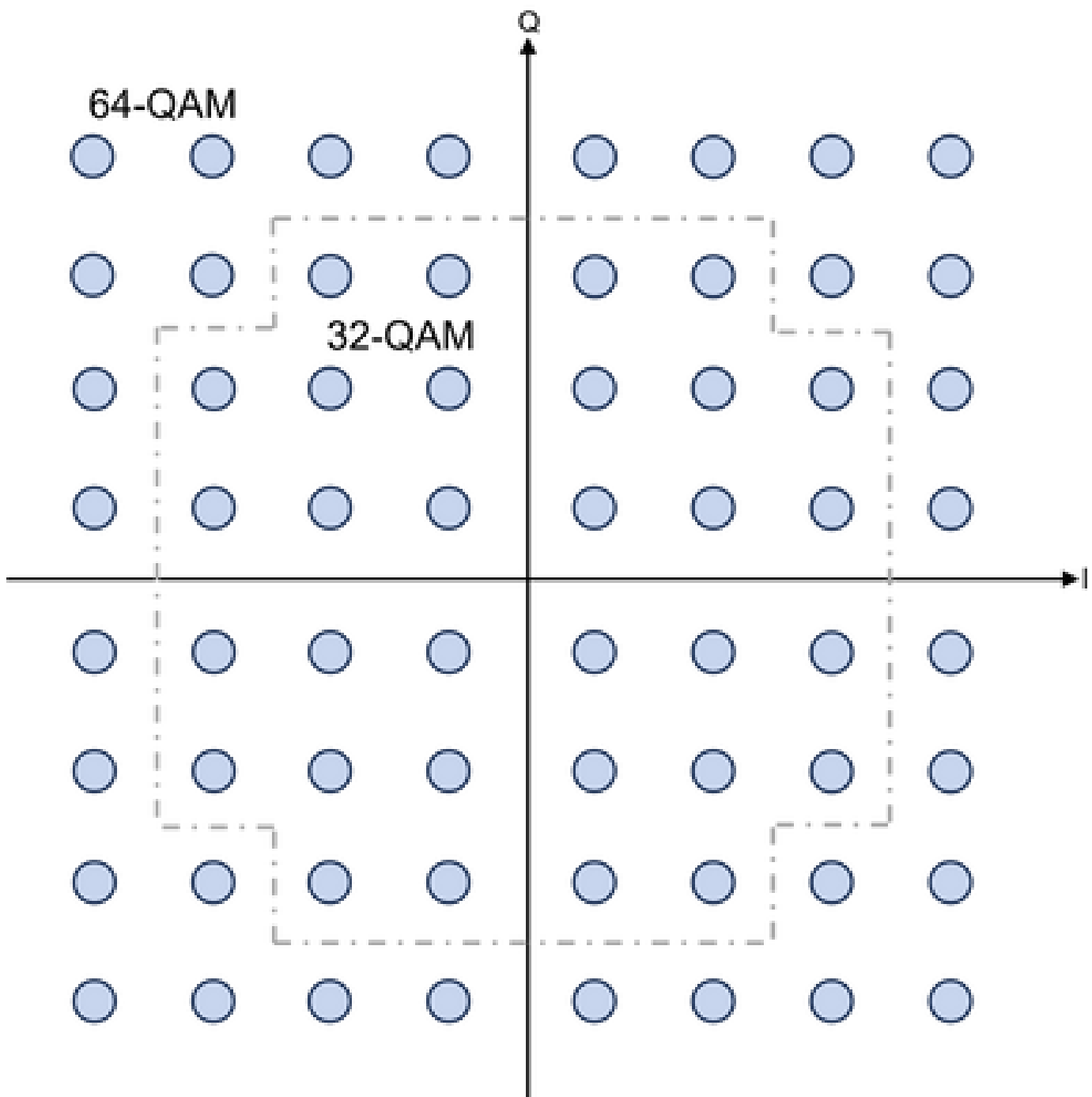
Bij baudsnelheden rond 30 Gbaud, heeft 16-QAM een gegevenstarief van 200 Gbps. Een toename tot 60 Gbps biedt snelheden tot 400 Gbps. Kleinere veranderingen in fase en amplitude verhogen de OSNR-eisen en beperken het bereik tot een paar honderd kilometer.



Constellatieschema van 16-QAM

32-QAM en 64-QAM

Deze twee hoge-orde modulatieregelingen gebruiken respectievelijk vijf en zes bits per symbool, waardoor transmissiesnelheden tot 600 Gbps mogelijk worden. De hoge OSNR-eisen van 64-QAM beperken het effectieve bereik tot minder dan 200 km.



Constellatieschema van 32-QAM en 64-QAM

Polarisatie-multiplexing (PM)

Alle vermelde modulatieregelingen maken gebruik van polarisatie-multiplexing om de transversale polarisatie onafhankelijk te coderen, waardoor de gegevenssnelheid verdubbelt, maar mogelijke beperkingen worden geïntroduceerd zoals polarisatie-afhankelijk verlies (PDL) en polarisatie-modus dispersie (PMD). Met deze techniek is de gegevenssnelheid ongeveer gelijk aan de baudsnelheid keer de bits per symbool keer twee.

Modulatie	Beschrijving	Bits per symbool	Typische gegevenssnelheden	Voorbeeld PID's*

			(Gbps)	
BPSK	Binaire fase-verschuivingstoetsen	1	100	NCS1K4-1.2T-K9 switch
QPSK	Quadrature Phase Shift-toets	2	100, 200	NCS2K-10G-CK-C switch
8 QAM	8-poorts kwadratuur-amplitude modulatie	3	100, 200	NCS1K4-2-QD-C-K9, QD-400G-ZRP-S
16 QAM	16-status kwadratuur-amplitude modulatie	4	200, 300, 400	ONS-CFP2-WDM, QD-400G-ZRP-S, NCS2K-10G-CK-C
32 QAM	32-status quadratuur amplitude modulatie	5	400, 500	NCS1K4-1.2T-K9 switch
64 QAM	64-poorts modulatie met kwadratuur van amplitude	6	500, 600	NCS1K4-1.2T-K9 switch

* Veel PID's ondersteunen meerdere modulatietypen. Dit is geen uitputtende lijst.

Optische prestatiebewaking

Cisco optische transceivers meten verschillende prestatiestatistieken met betrekking tot coherente modulatie. In dit deel wordt elk daarvan kort gedefinieerd.

- Verschillende groepsvertraging (DGD) - het verschil in voortplantingstijd van de twee polarisatiemodi van zender aan ontvanger die in picoseconden wordt gemeten.
- Chromatic Dispersion (CD) - verschillende golflengten reizen sneller of langzamer door een golfgeleider (vezel). De verandering in voortplantingstijd per eenheidsspectrum wordt gemeten in picoseconde-nanometers (ps-NM) en loopt lineair op aangezien het signaal de vezel oversteekt. De hoeveelheid chromatische dispersie die bij de ontvanger wordt

getolereerd varieert sterk afhankelijk van het modulatieschema. Transceivers met een lagere tolerantie voor dispersie vereisen dispersie compensatie eenheden om dit effect te verwijderen alvorens de ontvanger te bereiken. Glasvezeltypen kunnen aanzienlijk verschillende CD-coëfficiënten hebben.

- Optische signaalruisverhouding (OSNR) - het verschil tussen de signaalenergie en de ruisenergie in dB zoals gemeten bij de ontvanger. De OSNR-waarde die vereist is om de signaalintegriteit te behouden, is voornamelijk afhankelijk van het gebruikte modulatieschema.
- Polarisatiemodus dispersie (PMD) - deze hoeveelheid heeft betrekking op DGD en vertegenwoordigt het totale opgetelde verschil in voortplantingstijd tussen de polarisatiemodus gemeten in picoseconden.
- Second Order Polarization Mode Dispersion (SOPMD) - vergelijkbaar met chromatische dispersie, het effect van polarisatie mode dispersie hangt af van de golflengte. SOPMD karakteriseert deze afhankelijkheid met unit picoseconden vierkant (ps^2).
- Polarisatie Veranderingssnelheid (PCR) - het gemiddelde tarief waarbij de polarisatie staten veranderen aangezien het signaal de vezel oversteekt die in veelvouden van radialen per seconde wordt gemeten.
- Polarisatie-afhankelijk verlies (PDL) - de effectieve demping in dB als gevolg van veranderingen in de polarisatiestaten over de vezel.

Over deze vertaling

Cisco heeft dit document vertaald via een combinatie van machine- en menselijke technologie om onze gebruikers wereldwijd ondersteuningscontent te bieden in hun eigen taal. Houd er rekening mee dat zelfs de beste machinevertaling niet net zo nauwkeurig is als die van een professionele vertaler. Cisco Systems, Inc. is niet aansprakelijk voor de nauwkeurigheid van deze vertalingen en raadt aan altijd het oorspronkelijke Engelstalige document ([link](#)) te raadplegen.