

Kohärente optische Modulation

Inhalt

[Einleitung](#)

[Hintergrundinformationen](#)

[Eigenschaften des Lichts](#)

[Problem](#)

[Lösung](#)

[Phasenumtastung \(PSK\)](#)

[Binary Phase Shift Keying \(BPSK\)](#)

[Quadraturphasenumtastung](#)

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

[8-QAM](#)

[16-Quartal](#)

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

[Polarization Multiplexing \(PM\)](#)

[Überwachung der optischen Leistung](#)

Einleitung

In diesem Dokument werden die Grundprinzipien von kohärenten optischen Modulationsschemata beschrieben, die in DWDM-Netzwerken (Dense Wavelength Division Multiplexed) verwendet werden.

Hintergrundinformationen

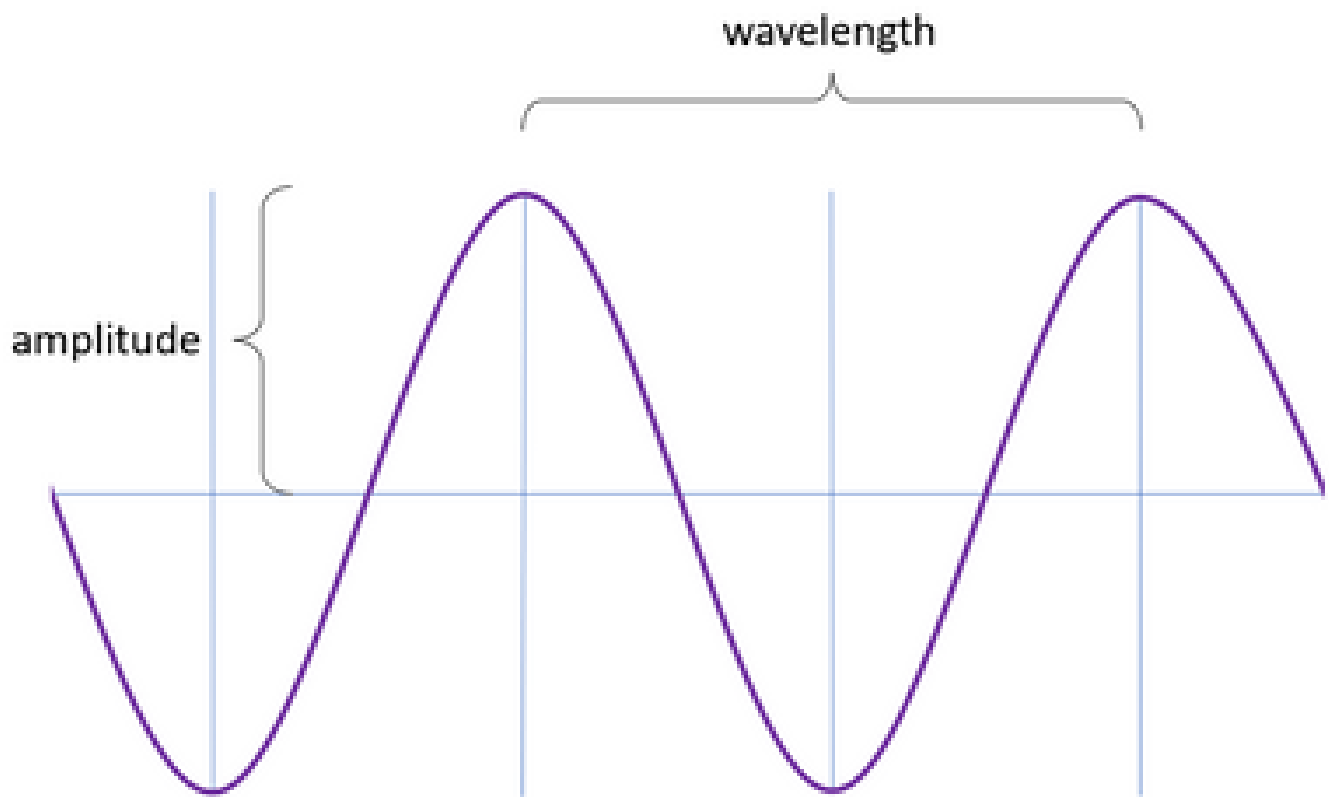
Ein Modulationsschema ändert kontinuierlich die Eigenschaft oder Eigenschaften einer Wellenform. In diesem Fall ist es Licht, um die binäre Information in die Wellenform zu kodieren. Moderne optische Netzwerke verwenden eine Vielzahl von Modulationsschemata, um die Daten über Hunderte bis Tausende von Kilometern zu transportieren.

Eigenschaften des Lichts

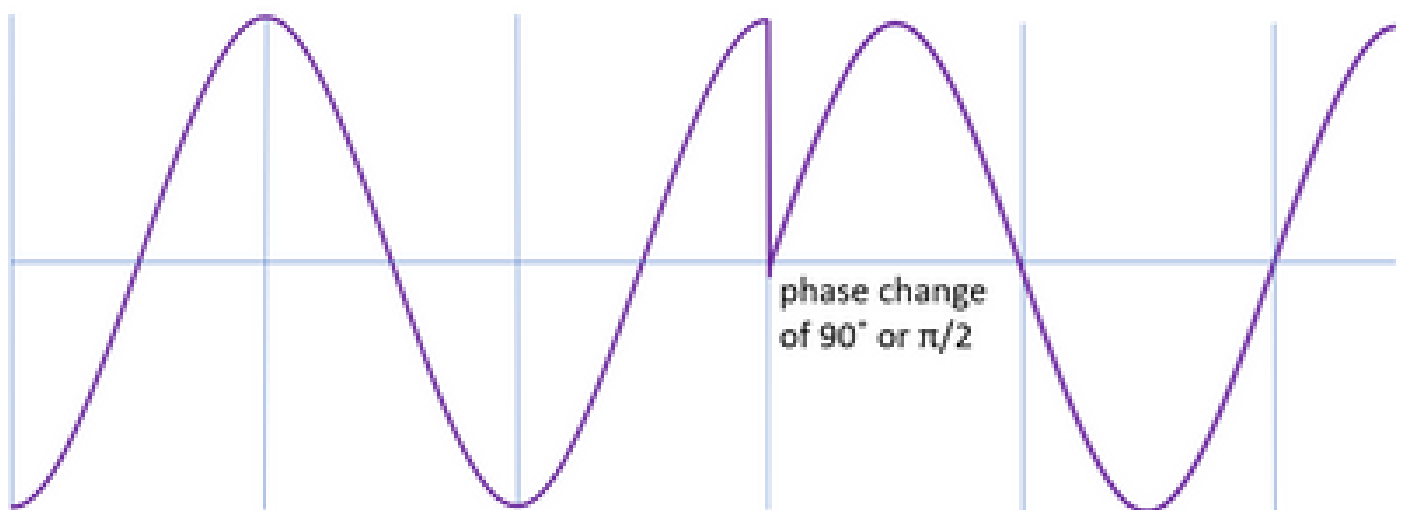
DWDM-Netzwerke nutzen mehrere Lichteigenschaften, um die Informationen effizient zu kodieren.

1. Wellenlänge oder Frequenz - jeder Kanal in einem DWDM-Netzwerk verwendet eine bestimmte Wellenlänge im C-Band zwischen ungefähr 1527 nm und 1565 nm. Jedes Signal kann je nach Baudrate und Modulationsschema eine unterschiedliche Bandbreite bereitstellen.
2. Phase - Der Winkel einer Wellenform, der üblicherweise in Bogenmaß gemessen wird. Durch Ändern der Phase wird die Periode der Wellenform in der Zeit übertragen.
3. Amplitude - Ein Maß für die Gesamtleistung eines Signals in Dezibel-Milliwatt (dBm).
4. Polarisation - elektromagnetische Wellen haben zwei primäre Polarisationszustände, die

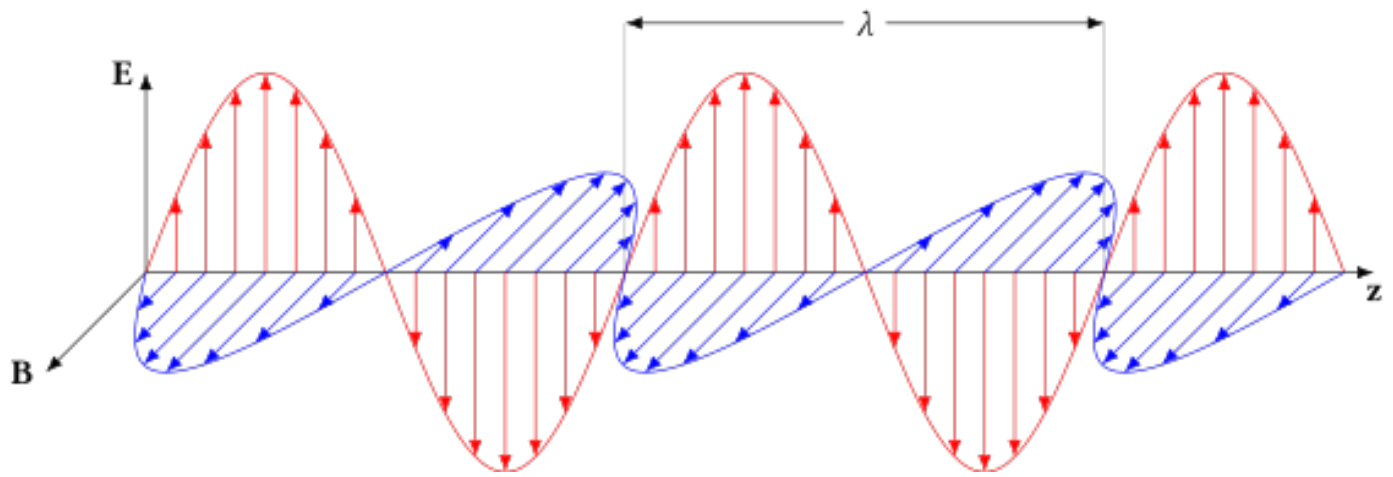
durch das elektrische und magnetische Feld definiert werden. Jede Polarisation kann durch ein Modulationsschema codierte Informationen enthalten. Einige optische Produkte von Cisco verwenden die Notation Coherent Polarization-Multiplexed (CP) oder Polarization Multiplexed (PM), um die Verwendung von Polarisation bei der Modulation zu identifizieren.



Wellenlänge und Amplitude



Phasenmodulation



Transverse Polarisation von Licht

Problem

Die elektrische Übertragung von Daten weist im Vergleich zur optischen Übertragung erhebliche Entfernungsbeschränkungen auf. Ältere optische Kodierungsschemata, bei denen On/Off-Signalisierung wie NRZ (Non-Return to Zero) verwendet wird, leiden unter den Auswirkungen der chromatischen Dispersion (CD), wodurch die effektive Entfernung ohne die Verwendung von Dispersionskompensationseinheiten (DCU) begrenzt wird. Um Daten mit Übertragungsraten von mehr als 10 Gbit/s über viele Kilometer effizient übertragen zu können, müssen Transceiver kohärente Modulationsverfahren verwenden.

Lösung

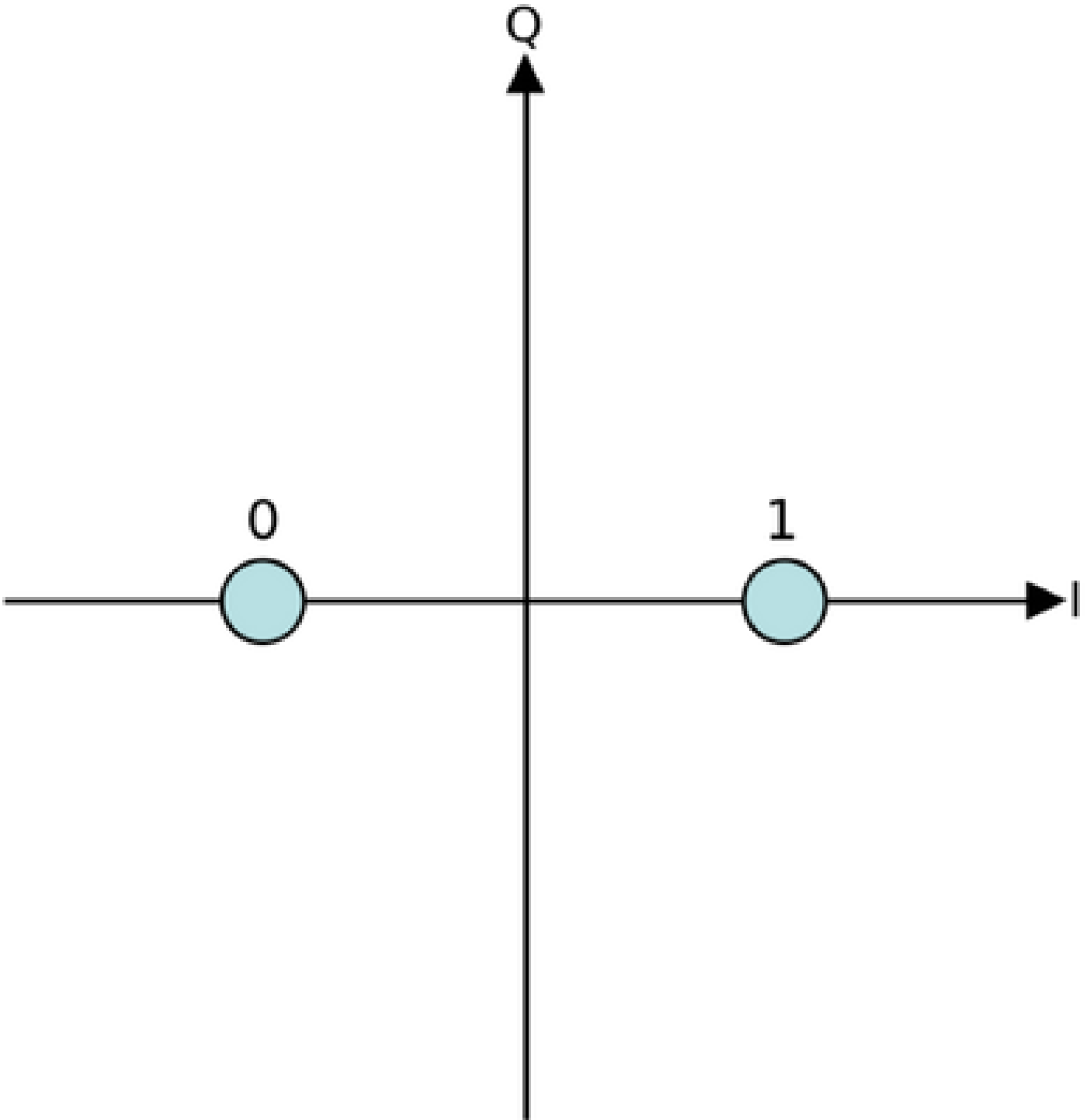
Die Änderung der Phase und/oder Amplitude einer Welle kodiert Information als Symbol, wobei eine einzige Sendeeinheit ein oder mehrere Bits enthält. Der Wert des Symbols hängt von der am Empfänger gemessenen Phase und Amplitude ab. Alle aufgeführten Schemata können Polarisations-Multiplexing verwenden, um die Datenrate zu erhöhen.

Phasenumtastung (PSK)

Die PSK-Modulation verschiebt die Phase des Signals, um ein Bit oder Bits zu kodieren. Da sich die Phase des Signals beim Durchlaufen der Faser ändern kann, misst der Empfänger die Phasendifferenz zwischen aufeinander folgenden Symbolen, um deren Wert genauer zu bestimmen. Dies wird als Differenzial Phase Shift Keying (DPSK) bezeichnet.

Binary Phase Shift Keying (BPSK)

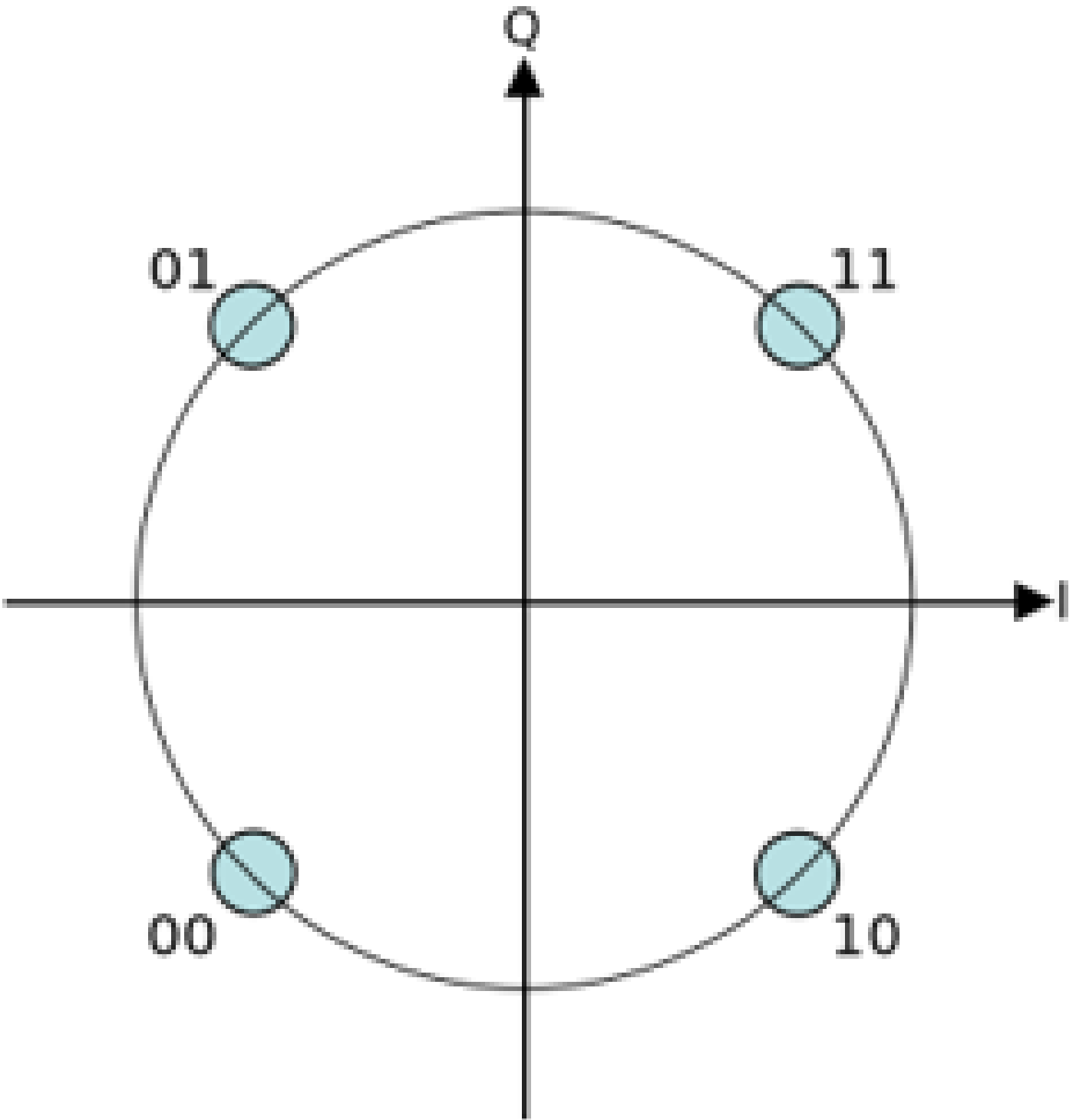
BPSK ändert die Phase des Signals um Bogenmaß oder 180 Grad, um entweder eine 0 oder eine 1 zu kodieren. Der bemerkenswerte Unterschied zwischen den Phasen führt zu geringen OSNR-Anforderungen (Optical Signal to Noise Ratio), und Signale, die diese Modulation verwenden, können potenziell Tausende von Kilometern zurücklegen. Die niedrige Anzahl von Bits pro Symbol begrenzt die Datenrate von BPSK-Signalen auf etwa 100 Gbit/s.



Konstellationsdiagramm der BPSK-Modulation

Quadraturphasenumtastung

QPSK ändert die Phase zwischen aufeinander folgenden Symbolen um den Radius von $1/2$ oder 90 Grad. Die kleinere Phasenänderung erhöht die Informationsdichte auf zwei Bit pro Symbol, da QPSK vier mögliche Zustände hat.



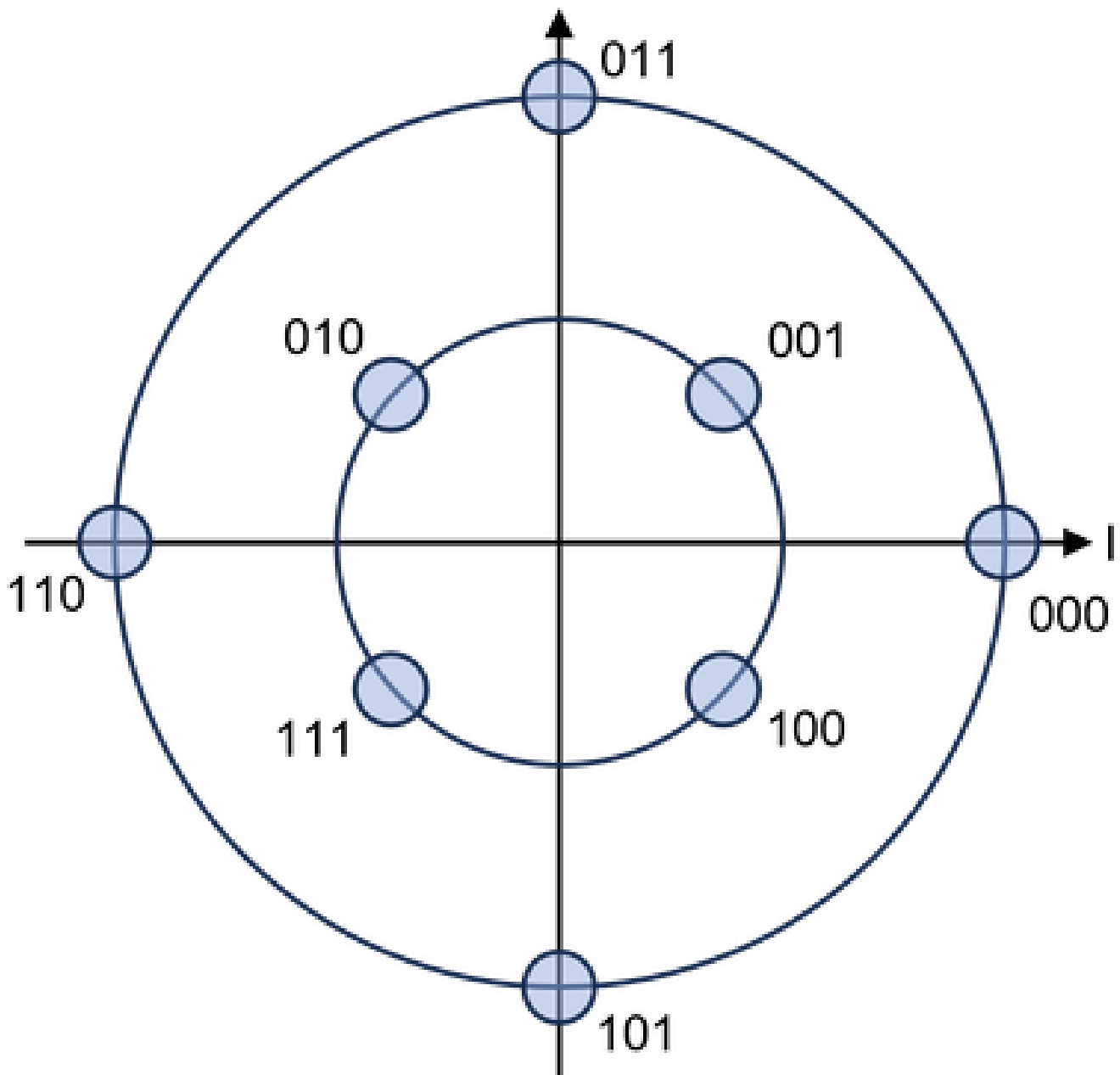
Konstellationsdiagramm der QSPK-Modulation

Quadrature Amplitude Modulation (QAM)

Um die Anzahl der Bits pro Symbol weiter zu erhöhen, kann der Sender zusätzlich zur Phase die Amplitude des Signals ändern. Die Anzahl der Punkte im Sternbild (Symbole) definiert den QAM-Typ.

8 QAM

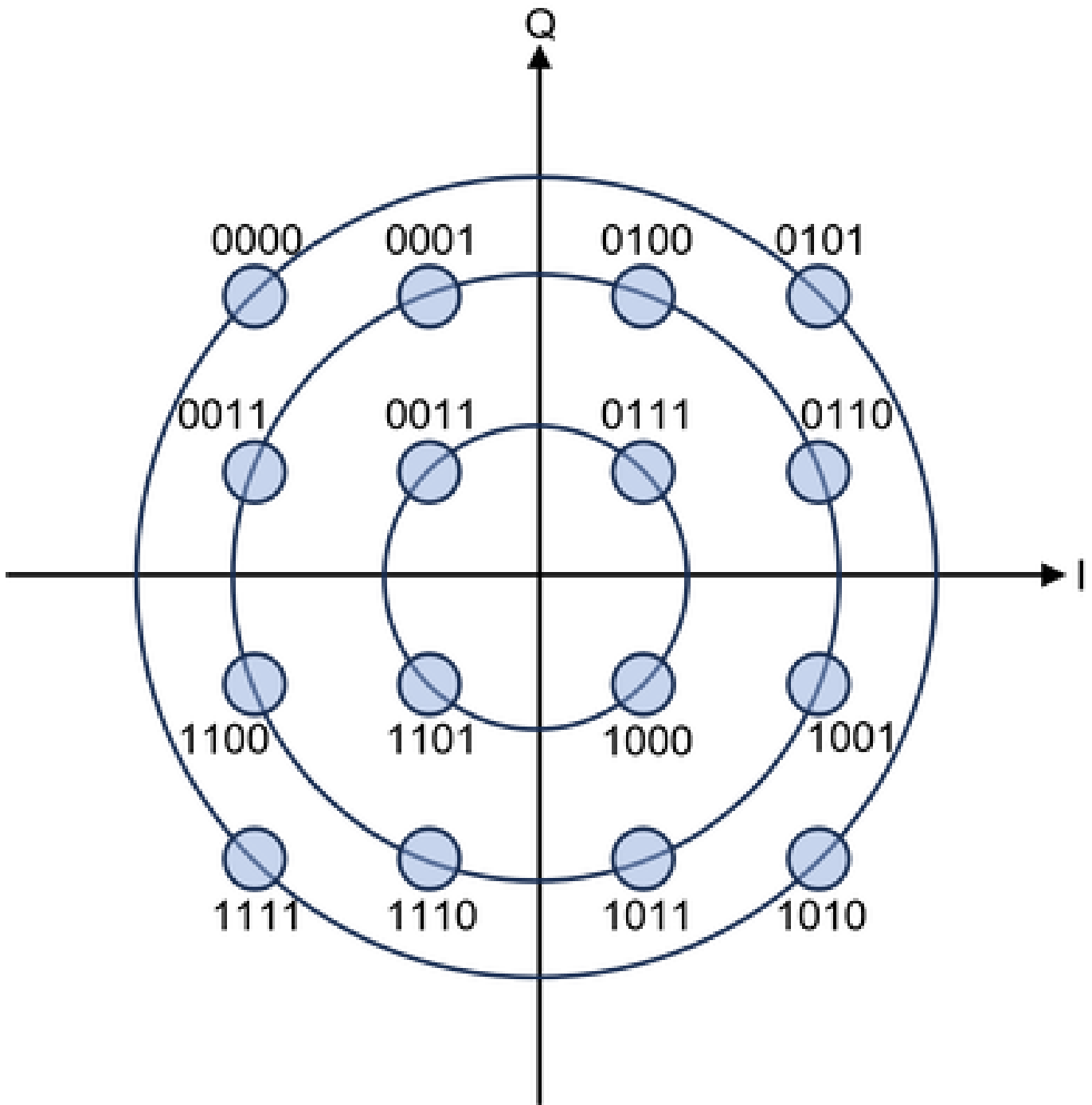
Acht mögliche Zustände geben drei Bit pro Symbol für dieses Modulationsschema an.



Sternbild 8-QAM

16. Quartal

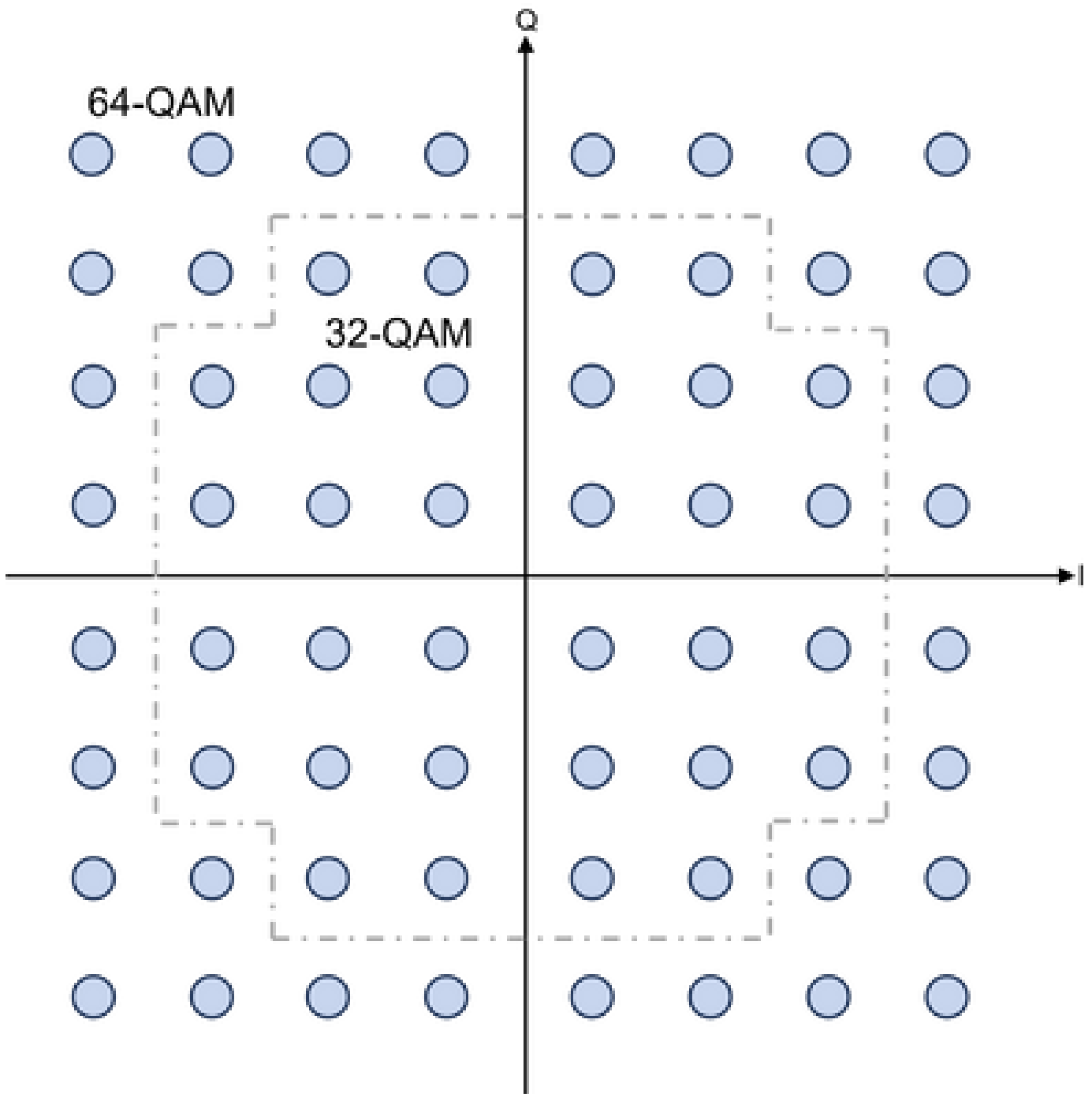
Bei Baudraten um 30 Gbaud hat 16-QAM eine Datenrate von 200 Gbit/s. Bei einem Anstieg auf 60 Gbaud ergeben sich Übertragungsraten von bis zu 400 Gbit/s. Kleinere Phasen- und Amplitudenänderungen erhöhen die OSNR-Anforderungen und beschränken die Reichweite auf einige hundert Kilometer.



Sternbild 16-QAM

32-QAM und 64-QAM

Diese beiden hochgeordneten Modulationsschemata verwenden fünf bzw. sechs Bit pro Symbol und ermöglichen Übertragungsraten von bis zu 600 Gbit/s. Die hohen OSNR-Anforderungen von 64-QAM begrenzen den effektiven Bereich auf weniger als 200 km.



Sternbild 32-QAM und 64-QAM

Polarization Multiplexing (PM)

Alle aufgeführten Modulationsschemata verwenden Polarisations-Multiplexing, um die transversalen Polarisierungen unabhängig zu codieren, wodurch die Datenrate verdoppelt wird, aber potenzielle Beeinträchtigungen wie Polarization Dependent Loss (PDL) und Polarization Mode Dispersion (PMD) entstehen. Bei dieser Technik entspricht die Datenrate etwa der Baudrate mal den Bits pro Symbol mal zwei.

Modulation	Beschreibung	Bits pro	Typische Datenraten	Beispiel-PIDs*

		Symbol	(Gbit/s)	
BPSK	Binäre Phasenumtastung	1	100	NCS1K4-1,2T-K9
QPSK	Quadraturphasenumtastung	2	100.200	NCS2K-100G-CK-C
8 QAM	Quadraturamplitudenmodulation mit 8 Zuständen	3	100.200	NCS1K4-2-QDD-C-K9, QDD-400G-ZRP-S
16. Quartal	Quadraturamplitudenmodulation mit 16 Zuständen	4	200, 300, 400	ONS-CFP2-WDM, QDD-400G-ZRP-S, NCS2K-100G-CK-C
32-QAM	Quadraturamplitudenmodulation mit 32 Zuständen	5	400.500	NCS1K4-1,2T-K9
64-QAM	Quadraturamplitudenmodulation mit 64 Zuständen	6	500, 600	NCS1K4-1,2T-K9

* Viele PIDs unterstützen mehrere Modulationstypen. Dies stellt keine vollständige Liste dar.

Überwachung der optischen Leistung

Optische Transceiver von Cisco messen mehrere unterschiedliche Leistungsstatistiken für eine kohärente Modulation. Dieser Abschnitt enthält eine kurze Definition der einzelnen Komponenten.

- Differenzial Group Delay (DGD) - Die Differenz der Laufzeit der beiden Polarisationsmoden vom Sender zum Empfänger, gemessen in Pikosekunden.
- Chromatische Dispersion (CD) - unterschiedliche Wellenlängen werden über einen Wellenleiter (Glasfaser) schneller oder langsamer übertragen. Die Laufzeitänderung pro Spektraleinheit wird in Picosekunden-Nanometern (ps-nm) gemessen und fällt linear an, wenn das Signal die Faser durchläuft. Die am Empfänger tolerierte Menge an chromatischer Dispersion variiert stark je nach Modulationsschema. Bei Transceivern mit geringerer Dispersionstoleranz sind Dispersionskompensationseinheiten erforderlich, um diesen Effekt vor Erreichen des Empfängers zu beseitigen. Fasertypen können deutlich unterschiedliche CD-Koeffizienten aufweisen.
- Optisches Signal-Rausch-Verhältnis (OSNR): Die Differenz zwischen der Signalenergie und der am Empfänger gemessenen Rauschenergie in dB. Der OSNR-Wert, der zur Aufrechterhaltung der Signalintegrität erforderlich ist, hängt in erster Linie vom verwendeten Modulationsschema ab.

- Polarisationsmoden-Dispersion (PMD) - Diese Größe bezieht sich auf die DGD und stellt die gesamte aufgelaufene Differenz in der Laufzeit zwischen den Polarisationsmoden dar, gemessen in Pikosekunden.
- Polarisationsmoden-Dispersion (SOPMD) zweiter Ordnung - ähnlich wie bei der chromatischen Dispersion hängt der Effekt der Polarisationsmoden-Dispersion von der Wellenlänge ab. SOPMD charakterisiert diese Abhängigkeit mit quadrierten Picosekunden (ps^2).
- Polarisationsänderungsrate (Polarization Change Rate, PCR): die durchschnittliche Rate, mit der sich die Polarisationszustände ändern, wenn das Signal die Faser durchquert, gemessen in Vielfachen von Bogenmaß (Radiant) pro Sekunde.
- Polarization Dependent Loss (PDL) - Die effektive Abschwächung in dB aufgrund von Änderungen der Polarisationszustände in der Faser.

Informationen zu dieser Übersetzung

Cisco hat dieses Dokument maschinell übersetzen und von einem menschlichen Übersetzer editieren und korrigieren lassen, um unseren Benutzern auf der ganzen Welt Support-Inhalte in ihrer eigenen Sprache zu bieten. Bitte beachten Sie, dass selbst die beste maschinelle Übersetzung nicht so genau ist wie eine von einem professionellen Übersetzer angefertigte. Cisco Systems, Inc. übernimmt keine Haftung für die Richtigkeit dieser Übersetzungen und empfiehlt, immer das englische Originaldokument (siehe bereitgestellter Link) heranzuziehen.