

코히어런트 광 변조 이해

목차

[소개](#)

[배경 정보](#)

[빛의 특성](#)

[문제](#)

[솔루션](#)

[PSK\(Phase Shift Keying\)](#)

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

[구상 위상 편이 방식](#)

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

[8QAM](#)

[16QAM](#)

[32QAM 및 64QAM](#)

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

[광학 성능 모니터링](#)

소개

본 문서에서는 DWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing) 네트워크에서 사용되는 간섭성 광 변조 방식의 기본 원리를 설명합니다.

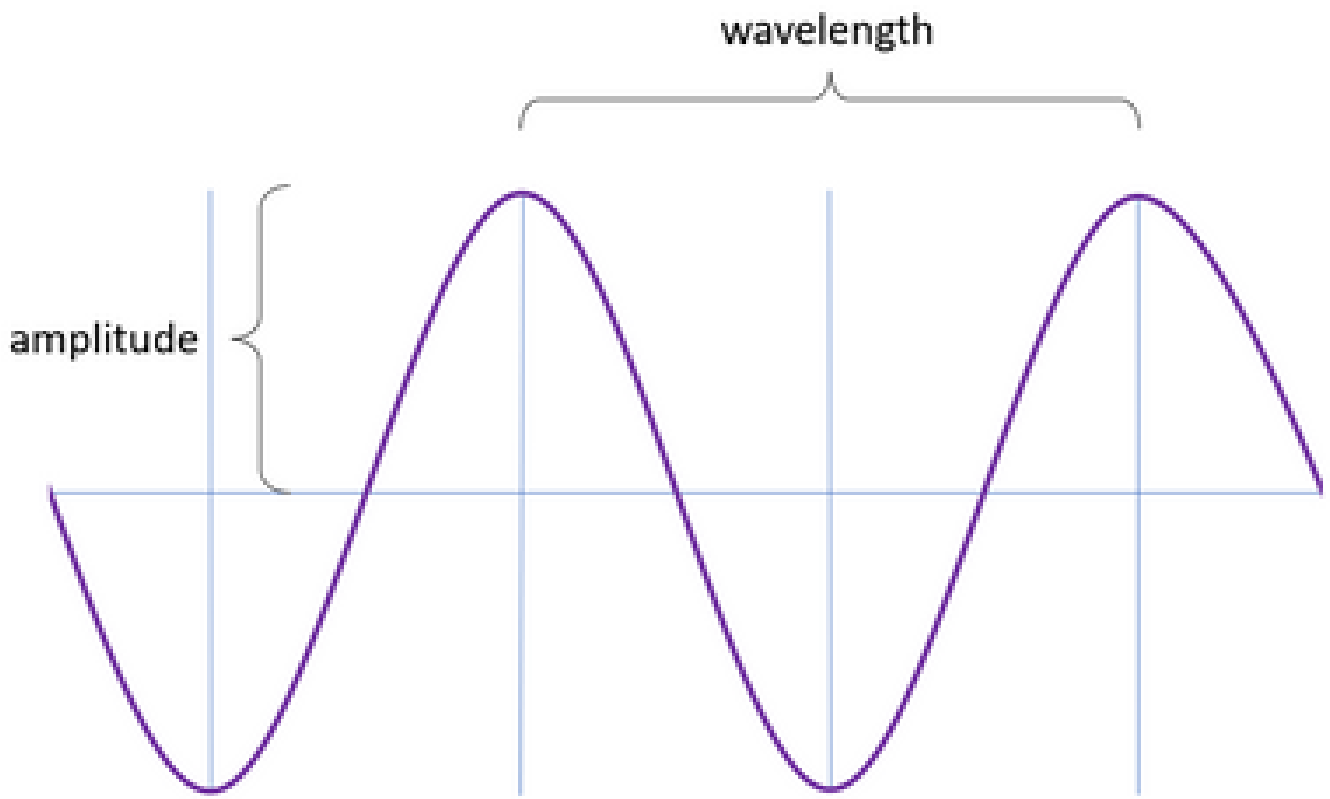
배경 정보

변조 방식은 파형의 특성을 지속적으로 변화시킨다. 이 경우, 이진 정보를 파형으로 인코딩하기 위해서는 가법다. 현대의 광 네트워크는 데이터를 수백~수천 km에 걸쳐 전송하기 위해 다양한 변조 방식을 사용한다.

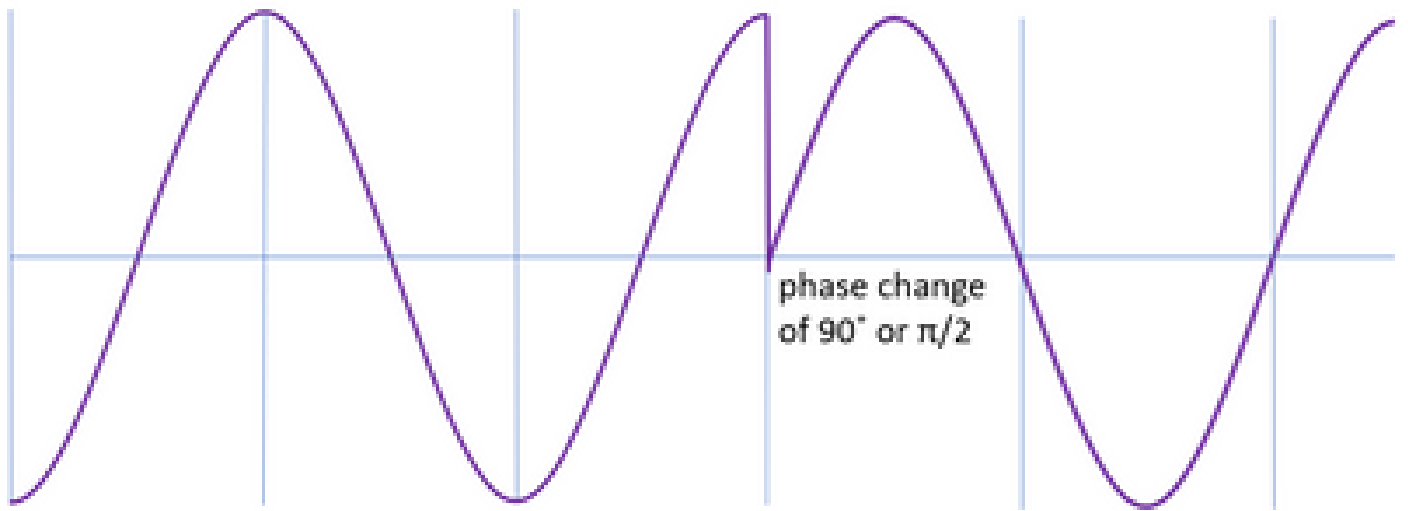
빛의 특성

DWDM 네트워크는 정보를 효율적으로 인코딩하기 위해 빛의 여러 특성을 활용한다.

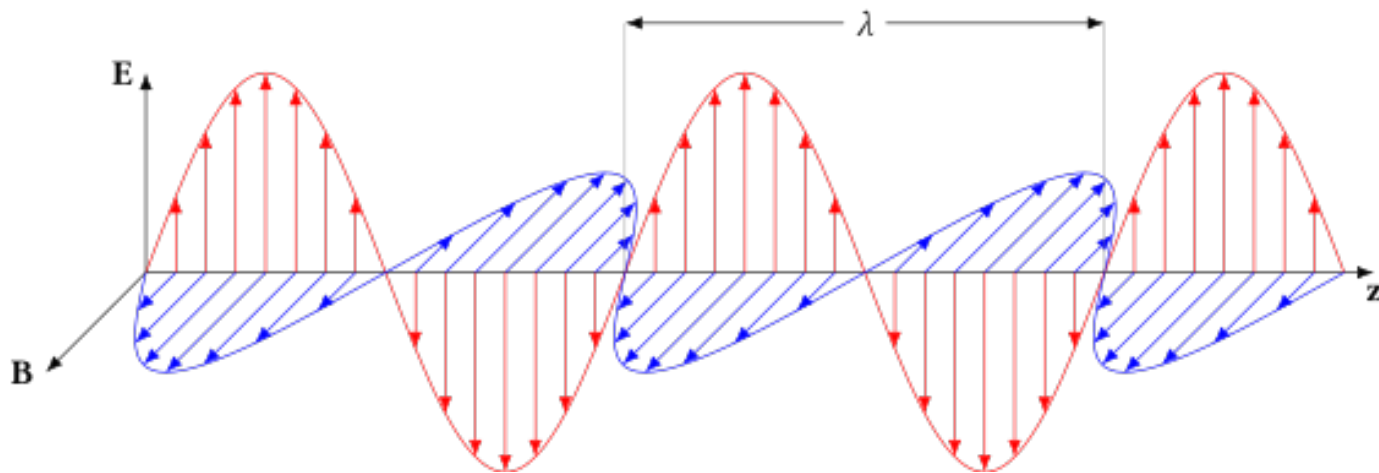
- 파장 또는 주파수 - DWDM 네트워크의 각 채널은 약 1527nm에서 1565nm 사이의 C 대역의 특정 파장을 사용합니다. 각 신호는 전송 속도 및 변조 방식에 따라 다양한 대역폭을 제공할 수 있습니다.
- Phase - 일반적으로 라디안으로 측정되는 파형의 각도입니다. 위상을 변경하면 파형의 주기가 시간에 따라 바뀐다.
- Amplitude(진폭) - 데시벨 밀리와트(dBm) 단위의 신호 총 전력의 측정값입니다.
- 편광 - 전자기파는 전기장과 자기장에 의해 정의되는 두 가지 기본 편광 상태를 가진다. 각각의 편광은 변조 방식에 의해 인코딩된 정보를 포함할 수 있다. 일부 Cisco 옵티컬 제품은 변조 시 편광의 사용을 식별하기 위해 CP(Coherent Polarization-Multiplexing) 또는 PM(Polarization Multiplexing)이라는 표기법을 사용합니다.



파장 및 진폭



위상 변조



빛의 투명한 편광

문제

데이터의 전기적 전송은 광학적 전송에 비해 상당한 거리 제한이 있다. NRZ(Non-Return to Zero)와 같은 온/오프 시그널링을 사용하는 기존의 옵티컬 인코딩 방식은 CD(Chromatic Dispersion)의 영향을 받아 분산 보상 유닛(DCU)을 사용하지 않고 유효 거리를 제한합니다. 10Gbps를 초과하는 속도로 여러 킬로미터에 걸쳐 데이터를 효과적으로 전송하기 위해 트랜시버는 일관된 변조 방식을 사용해야 합니다.

솔루션

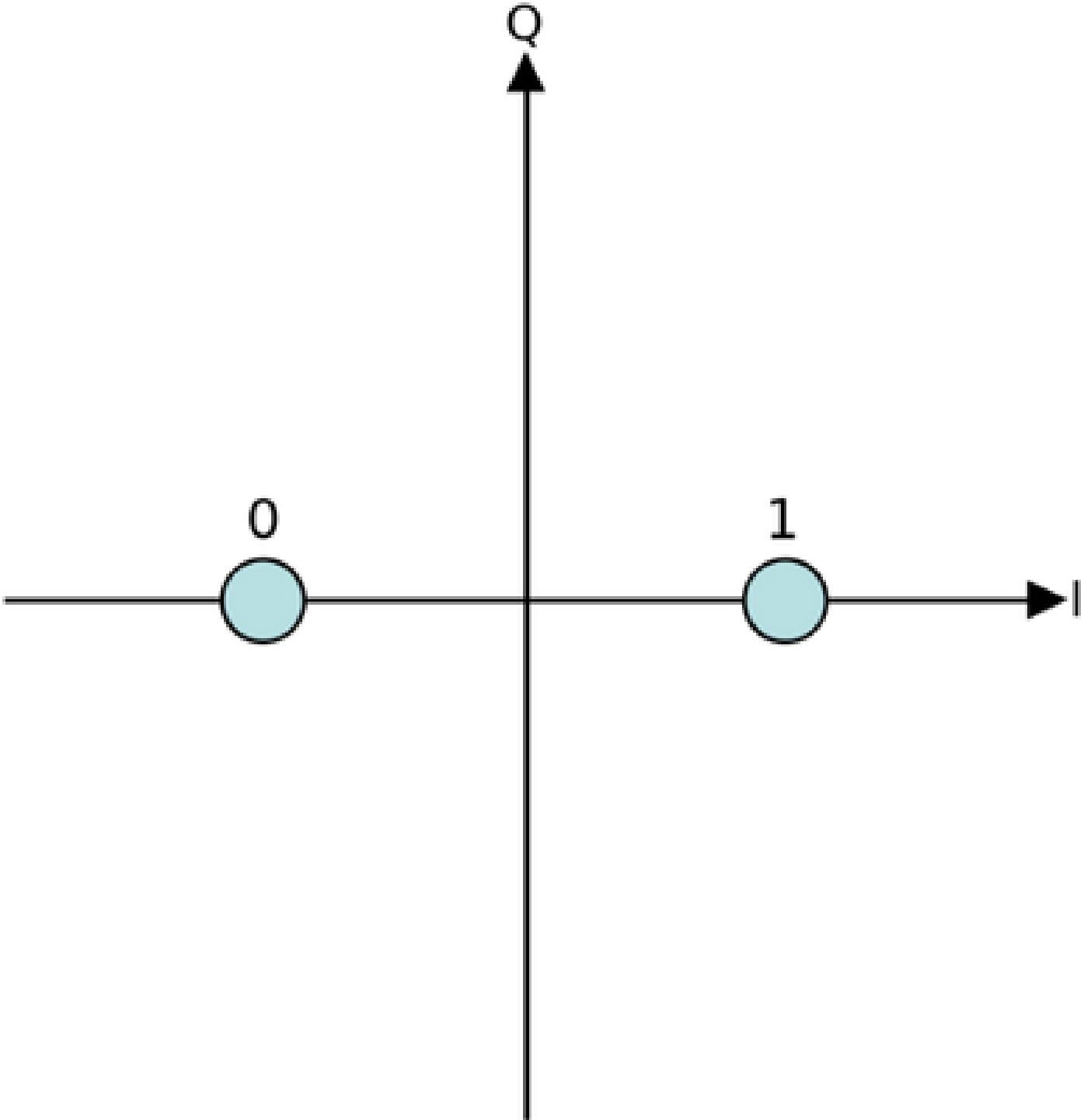
파동의 위상 및/또는 진폭을 변경하는 것은 정보를 하나 이상의 비트들을 포함하는 단일 전송 단위인 심볼로서 인코딩한다. 심볼의 값은 수신기에서 측정된 위상과 진폭에 따라 달라진다. 나열된 모든 방식은 데이터 속도를 높이기 위해 편광 다중화를 사용할 수 있습니다.

PSK(Phase Shift Keying)

PSK 변조는 비트를 인코딩하기 위해 신호의 위상을 이동합니다. 신호가 섬유를 지날 때 위상이 변할 수 있기 때문에, 수신기는 더 정확하게 값을 결정하기 위해 연속적인 심볼 사이의 위상 차이를 측정한다. 이를 DPSK(Differential Phase Shift Keying)라고 합니다.

BPSK(Binary Phase Shift Keying)

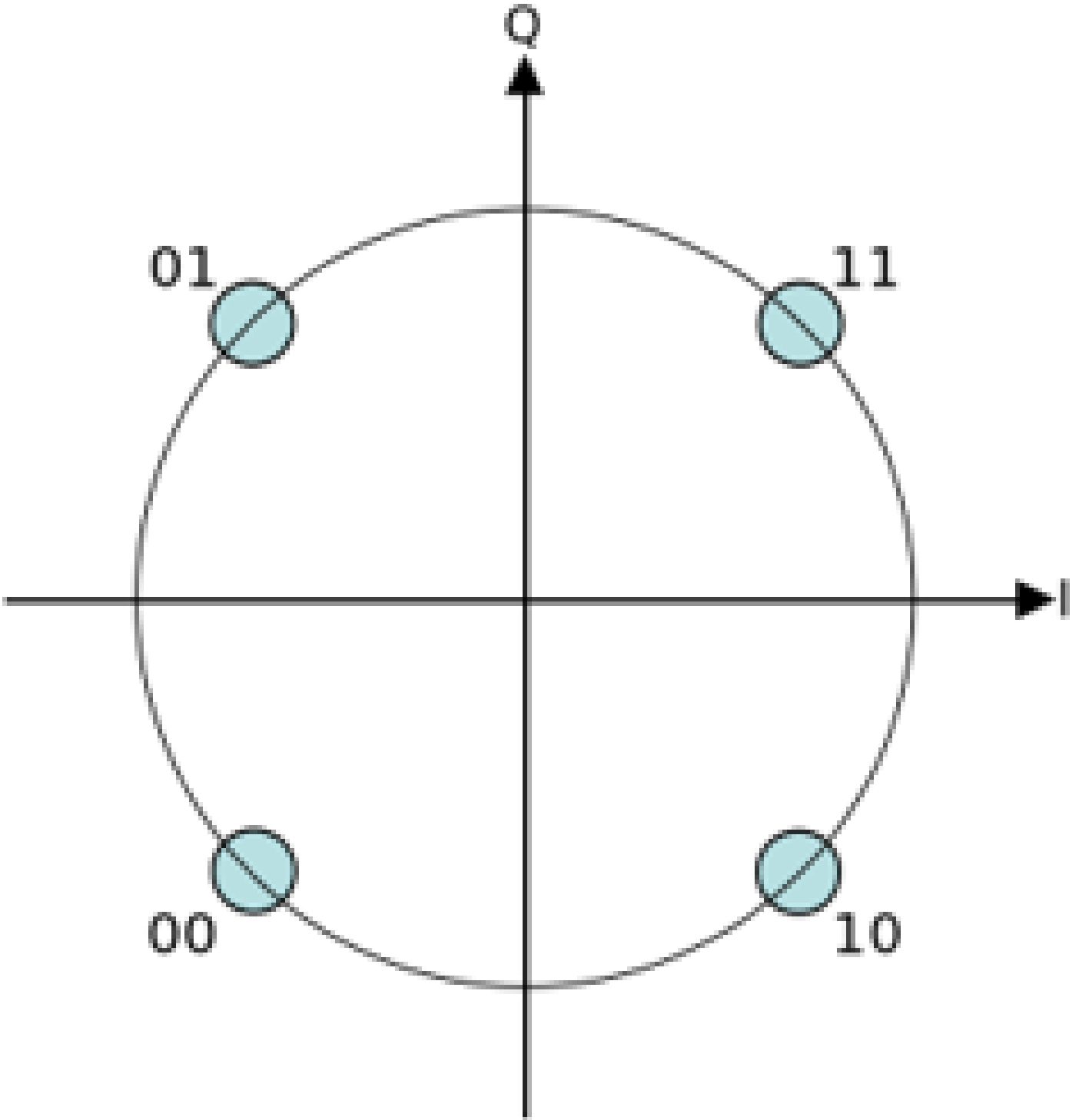
BPSK는 0 또는 1π 을 인코딩하기 위해 신호의 위상을 라디안 또는 180도로 변경한다. 위상 간의 눈에 띄는 차이는 낮은 OSNR(Optical Signal to Noise Ratio) 요건을 초래하며, 이 변조를 사용하는 신호는 잠재적으로 수천 킬로미터를 이동할 수 있다. 낮은 심볼 당 비트 수는 BPSK 신호의 데이터 속도를 약 100 Gbps로 제한한다.



BPSK 변조의 성상도

구상 위상 편이 방식

QPSK는 2 라디안 또는 90도 단위로 연속적인 심볼 π 사이의 위상을 변경한다. QPSK가 4개의 가능한 상태를 가짐에 따라 위상의 변화가 작을수록 정보 밀도가 심볼당 2비트로 증가한다.



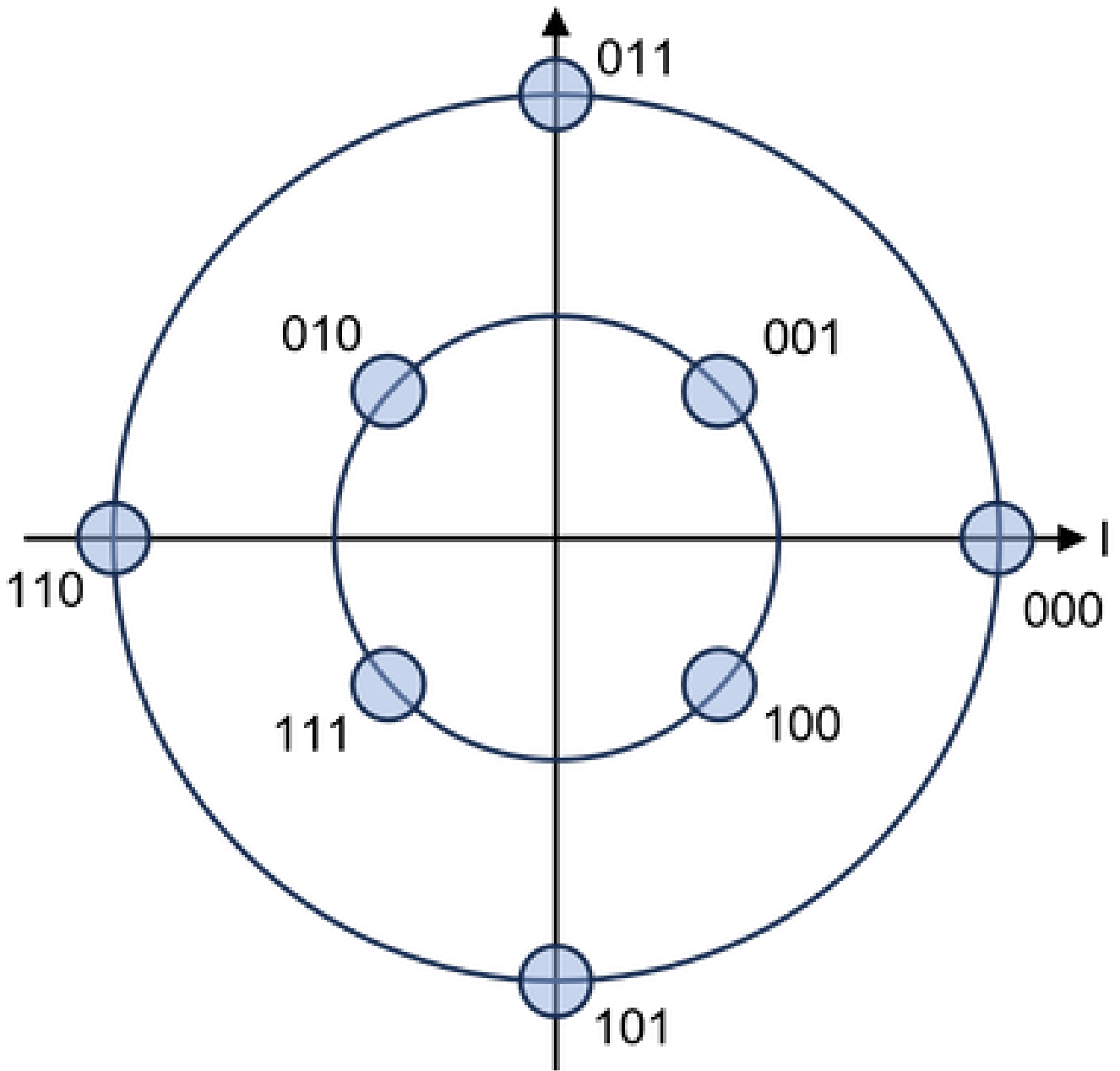
QSPK 변조의 성상도

QAM(Quadrature Amplitude Modulation)

심볼당 비트 수를 더 증가시키기 위해, 송신기는 위상 외에 신호의 진폭도 변경할 수 있다. 성상도 (symbol)의 포인트 개수는 QAM의 종류를 정의한다.

8QAM

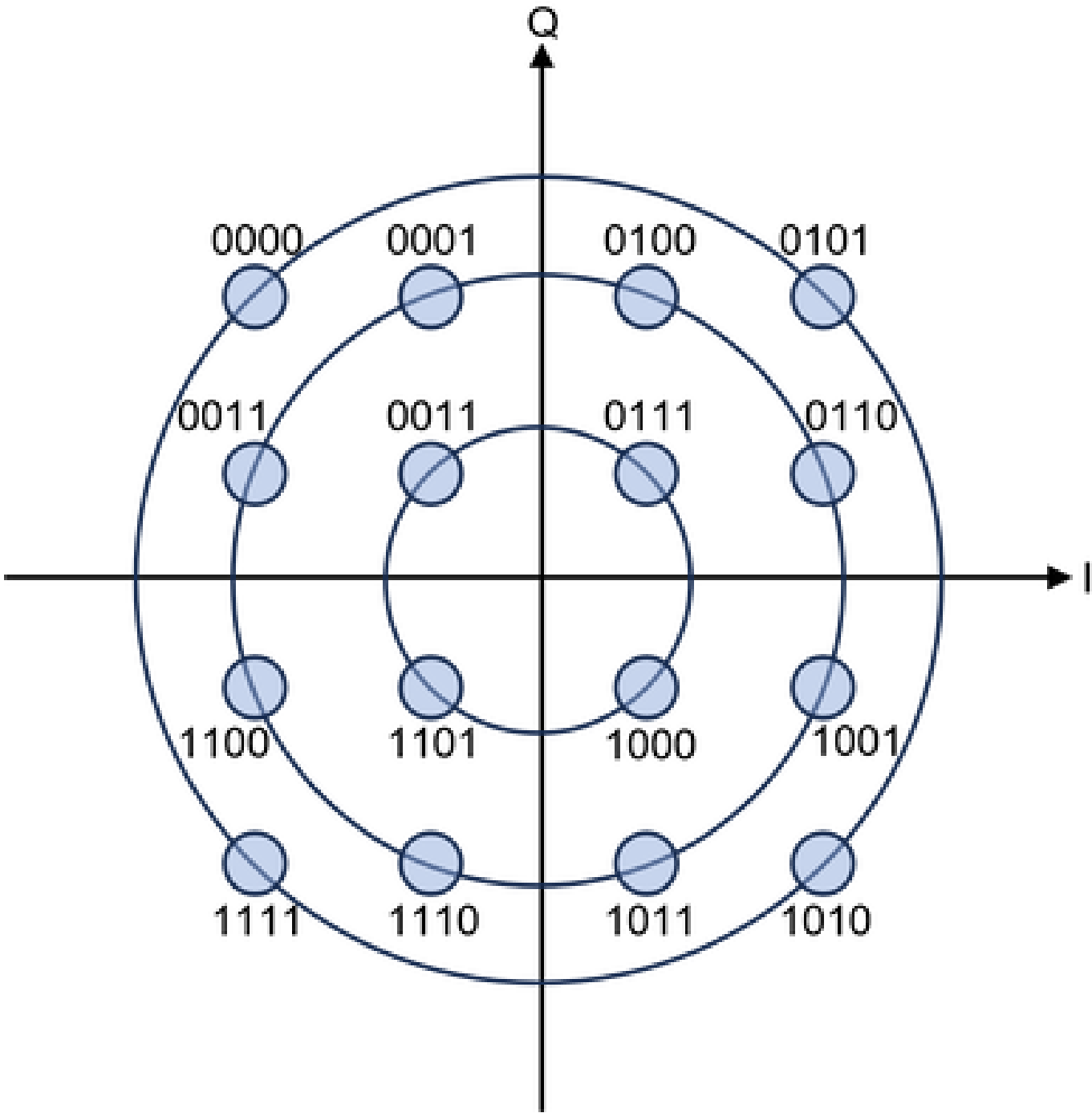
8개의 가능한 상태들은 이 변조 방식에 대해 심볼당 3비트를 제공한다.



8-QAM의 성상도

16QAM

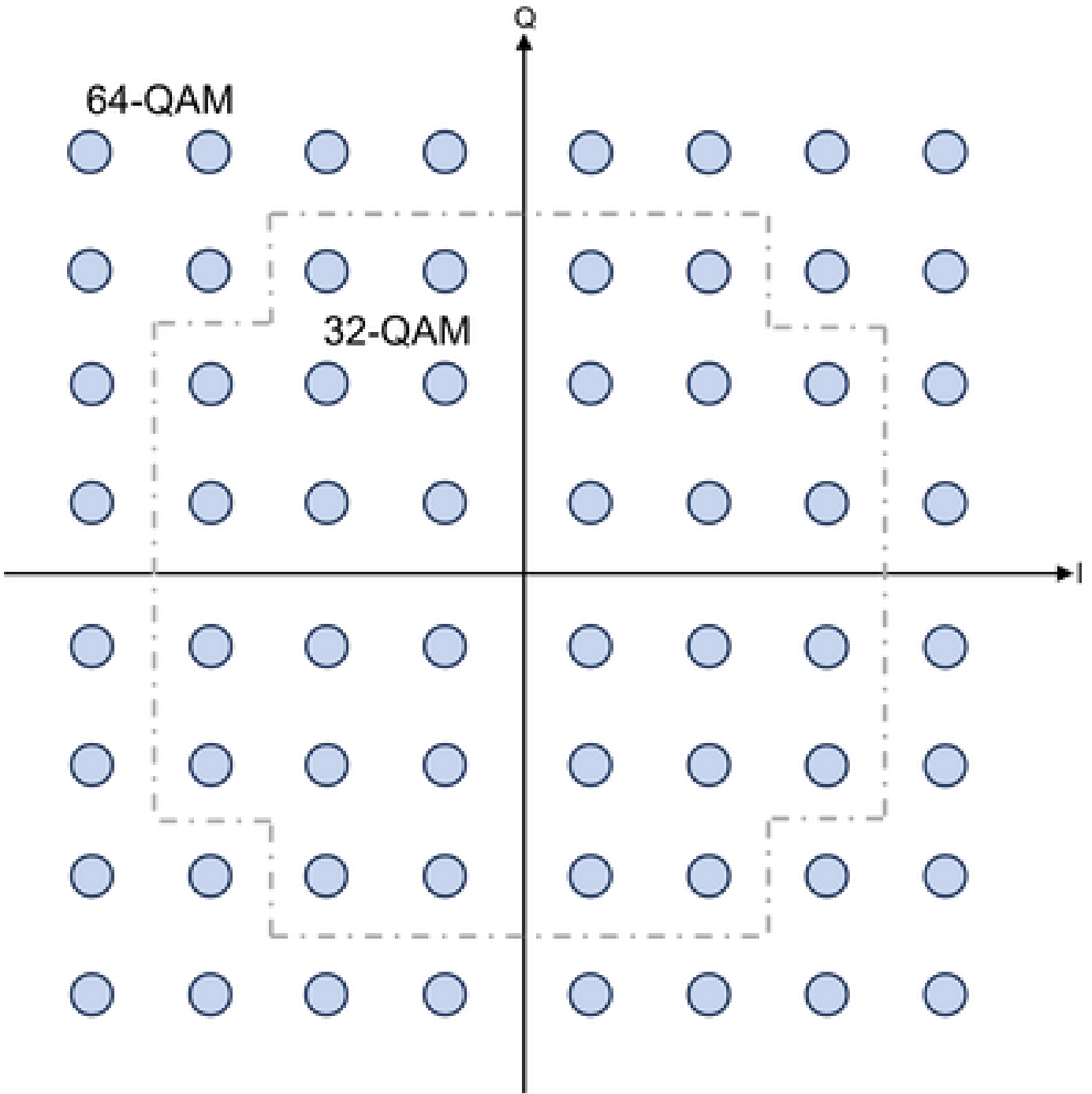
약 30Gbaud의 전송 속도에서 16-QAM의 데이터 전송 속도는 200Gbps입니다. 60Gbaud로 증가하면 최대 400Gbps의 속도가 제공됩니다. 위상 및 진폭의 더 작은 변화들은 OSNR 요건들을 증가시키고 그 범위를 수백 킬로미터로 제한한다.



16-QAM의 성상도

32QAM 및 64QAM

이러한 2가지 고차 변조 방식은 각각 심볼당 5비트 및 6비트를 사용하므로 최대 600Gbps의 전송 속도를 구현할 수 있습니다. 64-QAM의 높은 OSNR 요건은 유효 범위를 200km 미만으로 제한합니다.



32QAM과 64QAM의 성상도

PM(Polarization Multiplexing)

나열된 모든 변조 방식은 가로 분극을 독립적으로 인코딩하기 위해 편광 다중화를 사용하며, 데이터 속도는 2배로 증가하지만 PDL(Polarization Dependent Loss) 및 PMD(Polarization Mode Dispersion)와 같은 잠재적 장애를 초래합니다. 이 기법에서, 데이터 속도는 심볼 당 비트 수에 2를 곱한 전송 속도와 거의 같다.

변조	설명	기호 당 비트 수	일반 데이터 속도 (Gbps)	PID 예*

BPSK	이성분 위상 편이 방식	1	100	NCS1K4-1.2T-K9
QPSK	구상 위상 편이 방식	2	100, 200	NCS2K-100G-CK-C
8QAM	8상 직교 진폭 변조	3	100, 200	NCS1K4-2-QDD-C-K9, QDD-400G-ZRP-S
16QAM	16-상태 직교 진폭 변조	4	200, 300, 400	ONS-CFP2-WDM, QDD-400G-ZRP-S, NCS2K-100G-CK-C
32QAM	32-상태 직교 진폭 변조	5	400, 500	NCS1K4-1.2T-K9
64QAM	64상 직교 진폭 변조	6	500, 600	NCS1K4-1.2T-K9

* 많은 PID가 여러 변조 유형을 지원합니다. 전체 목록을 나타내는 것은 아닙니다.

광학 성능 모니터링

Cisco 옵티컬 트랜시버는 코히어런트 변조와 관련된 여러 가지 성능 통계를 측정합니다. 이 섹션에서는 각 항목에 대한 간략한 정의를 제공합니다.

- DGD(Differential Group Delay) - 송신기에서 수신기까지의 두 편광 모드의 전파 시간 차이를 피코초로 측정합니다.
- CD(Chromatic Dispersion) - 서로 다른 파장은 도파관(파이버)을 통해 더 빠르거나 느린 속도로 이동합니다. 단위 스펙트럼당 전파 시간 변화는 피코초-나노미터(ps-nm) 단위로 측정되며 신호가 섬유를 가로지르수록 선형적으로 발생합니다. 수신기에서 허용되는 색 분산의 양은 변조 방식에 따라 크게 달라집니다. 분산의 허용 오차가 더 낮은 트랜시버는 수신기에 도달하기 전에 이러한 효과를 제거하기 위해 분산 보상 유닛을 필요로 한다. 섬유 타입들은 상당히 상이한 CD 계수들을 가질 수 있다.
- OSNR(Optical Signal to Noise Ratio) - 수신기에서 측정된 dB 단위의 신호 에너지와 노이즈 에너지 간의 차이입니다. 신호 무결성을 유지하기 위해 필요한 OSNR 값은 주로 사용되는 변조 방식에 의존한다.
- PMD(Polarization Mode Dispersion) - 이 수량은 DGD와 관련이 있으며 피코초로 측정된 편광 모드 간 전파 시간의 총 발생 차이를 나타냅니다.
- SOPMD(Second Order Polarization Mode Dispersion) - 색 분산과 비슷하게 편광 모드 분산은 파장에 따라 달라집니다. SOPMD는 단위 피코초 제곱(ps²)으로 이 종속성을 특징화합니다.
- PCR(Polarization Change Rate) - 신호가 섬유를 지날 때 편광 상태가 변하는 평균 속도(라디안 수/초)입니다.
- PDL(Polarization Dependent Loss) - 파이버 전반의 편광 상태 변화로 인한 dB의 효과적인 감

죄입니다.

이 번역에 관하여

Cisco는 전 세계 사용자에게 다양한 언어로 지원 콘텐츠를 제공하기 위해 기계 번역 기술과 수작업 번역을 병행하여 이 문서를 번역했습니다. 아무리 품질이 높은 기계 번역이라도 전문 번역가의 번역 결과물만큼 정확하지는 않습니다. Cisco Systems, Inc.는 이 같은 번역에 대해 어떠한 책임도 지지 않으며 항상 원본 영문 문서(링크 제공됨)를 참조할 것을 권장합니다.