



Від 10G до 400G

практичний досвід побудови та
застосування технології DWDM
у транспортних мережах

ITBIZ telecom



ITBIZ^{telecom}

Український системний інтегратор із
19-річним досвідом

Реалізуємо проєкти у сфері
**телекомунікацій,
ІТ-інфраструктури
та кібербезпеки**

**Telecom - напрямок
спеціалізується на рішеннях
для:**

- інтернет-провайдерів
- операторів зв'язку
- дата-центрів
- корпоративних мереж

ЧОМУ МИ ГОВОРИМО ПРО DWDM

Власна лабораторія

для тестування
обладнання

Практичний Досвід проєктування

та впровадження оптичних
транспортних мереж

Пілотні тестування

та перевірка сумісності
обладнання

Технічна Експертиза команди

та підтримка проєктів
на всіх етапах

Партнерство
з європейським
виробником

DWDM.ME

ЧОМУ СЬОГОДНІ ПОТРІБЕН DWDM

Постійне зростання обсягів трафіку

Обмежена кількість доступних оптичних волокон

Перехід від **10G → 100G → 400G**
і вище

Висока вартість будівництва нових ВОЛЗ

Зростання вимог до пропускної здатності між ЦОД та вузлами мережі

DWDM дозволяє

Передавати десятки каналів по одному волокну

Значно збільшити пропускну здатність без прокладання нових кабелів

Масштабувати мережу

Що таке DWDM

DWDM - технологія спектрального ущільнення, що дозволяє одночасно передавати десятки або сотні незалежних каналів через одну пару оптичних волокон.

CWDM vs DWDM

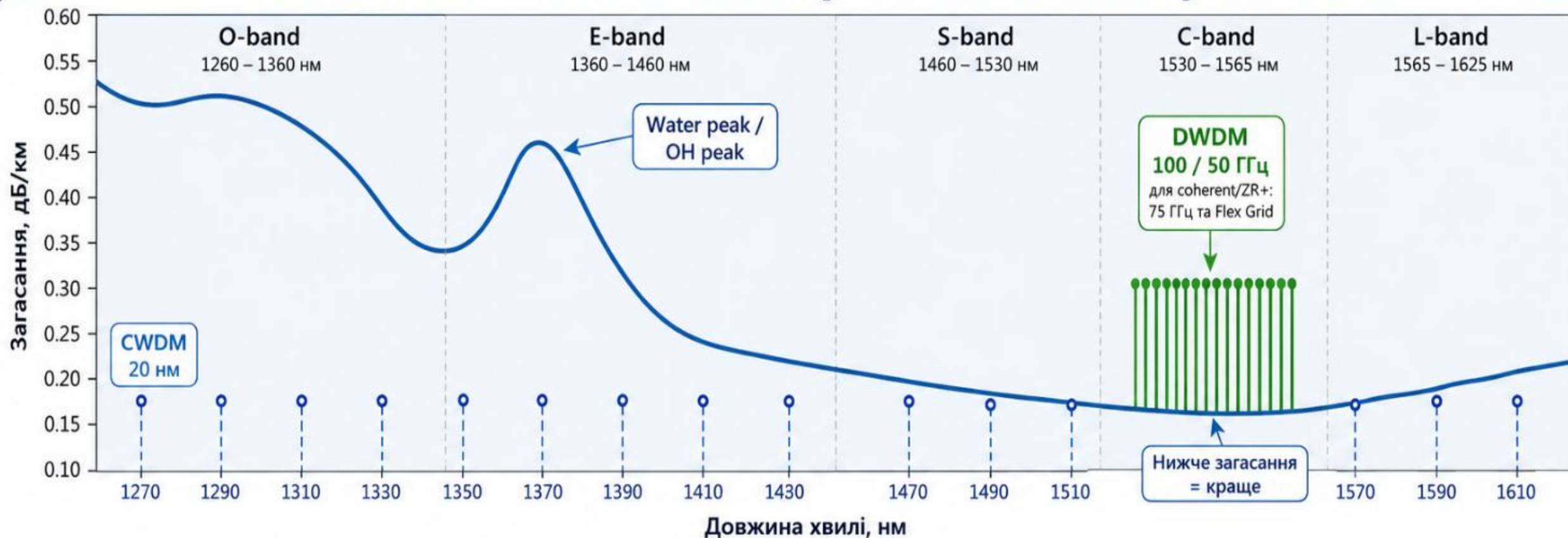
CWDM — простий старт

- До 18 каналів
- Просте пасивне рішення
- Підходить для невеликої кількості каналів
- Добре для простих point-to-

DWDM

- Щільна
- Більше
- Основни
- Підтрим
- Підходи
- coherent-

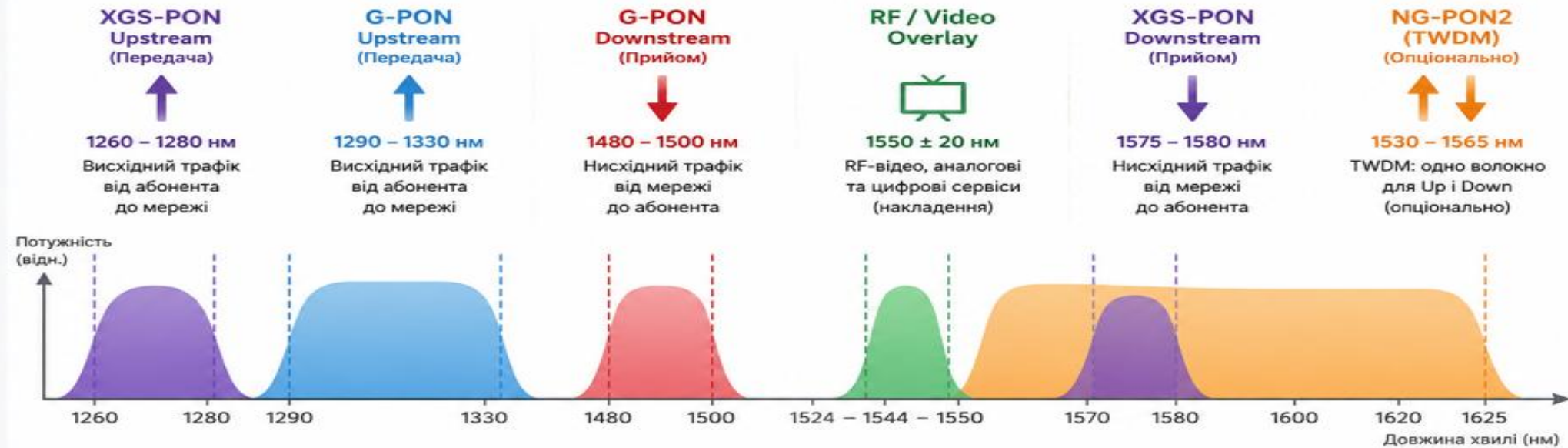
CWDM vs DWDM: спектр та загасання у волокні



PON services in optical spectrum

PON-СЕРВІСИ У СПЕКТРІ ОПТИЧНОГО ВОЛОКНА

Типовий розподіл довжин хвиль у діапазоні 1260 – 1625 нм



O-band 1260 – 1360 нм	E-band 1360 – 1460 нм	S-band 1460 – 1530 нм	C-band 1530 – 1565 нм	L-band 1565 – 1625 нм	U-band 1625 – 1675 нм
---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------



- PON-сервіси займають чітко визначені діапазони довжин хвиль.
- Відео/дані (RF Overlay) зазвичай накладаються в області 1550 нм.
- Планування мережі має враховувати співіснування PON-послуг та DWDM-каналів у C-band / L-band.



Межі діапазону



Робочий спектр сервісу

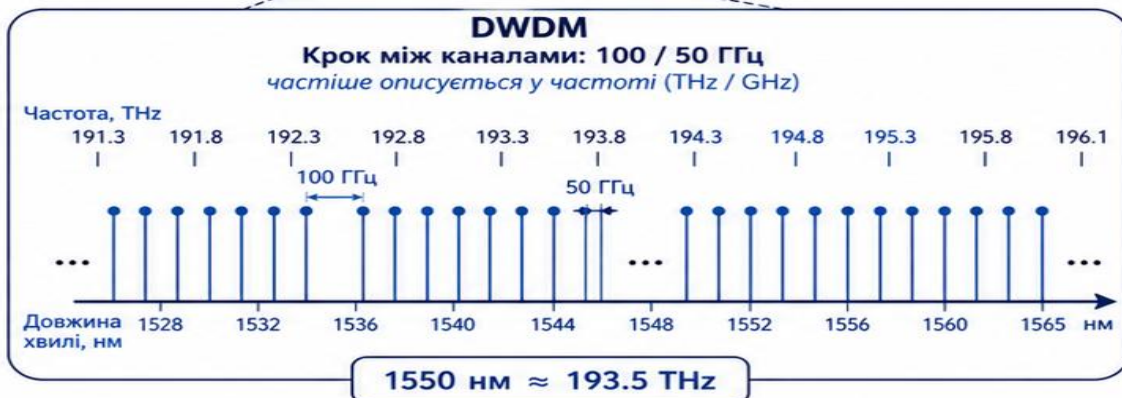
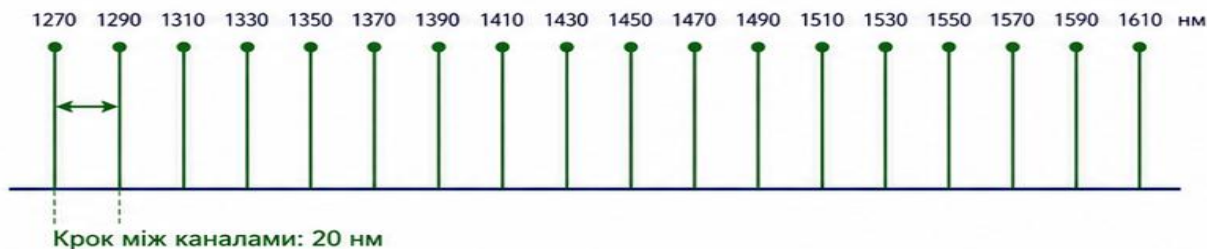


CWDM та DWDM: спектр і частотна сітка

Чому в CWDM говорять у нм, а в DWDM — у ГГц / THz



CWDM (канали 1270–1610 нм)



Довжина хвилі (нм) і частота (THz) — це два способи опису одного й того ж оптичного спектра.

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

f — частота (Hz)
 λ — довжина хвилі (m)
 $c \approx 299\,792\,458$ м/с — швидкість світла у вакуумі



CWDM: зручно описувати довжиною хвилі (нм), бо канали рідкі та широко рознесені.



DWDM: зручно описувати частотою (THz / GHz), бо канали щільні та працюють у частотній сітці.



Висновок: і нм, і THz описують той самий оптичний спектр.
У CWDM зручно працювати з довжинами хвиль, у DWDM — з частотною сіткою.

Активация Windows

telecom

ITBIZ



Частотна сітка vs ширина сигналу

Чому 10G, 100G, 200G та 400G займають різний спектр



Фіксована сітка = простота, але менша ефективність. Flex Grid = гнучкість і максимальне використання спектру.

telecom
ITBIZ

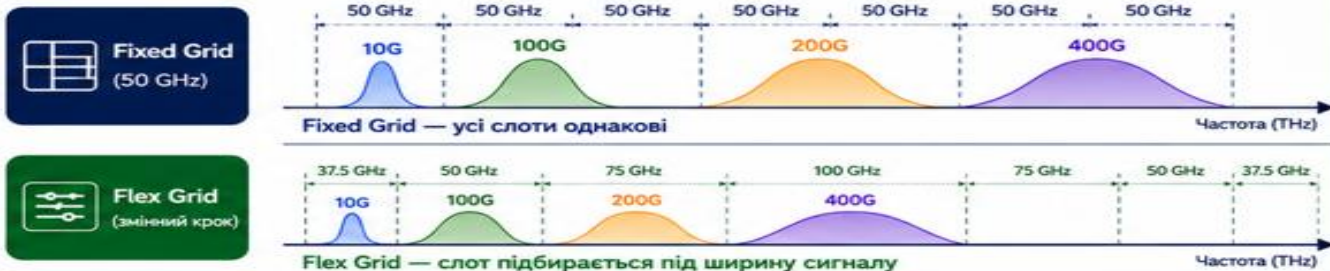


Flex Grid: що це таке і навіщо він потрібен

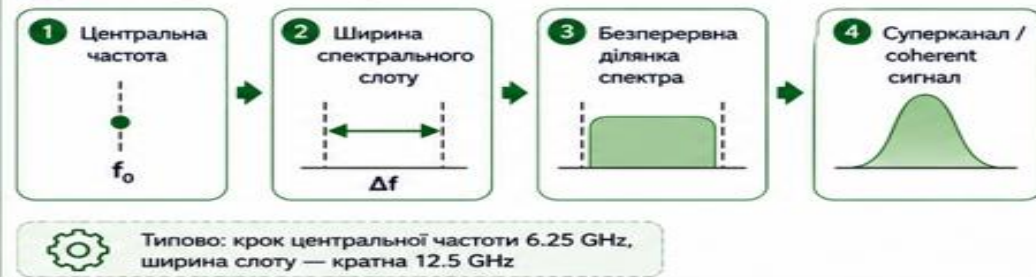
Гнучка спектральна сітка для сучасних coherent транспортних мереж



1. Fixed Grid vs Flex Grid



2. Принцип організації



3. Як це виглядає фізично в мережі

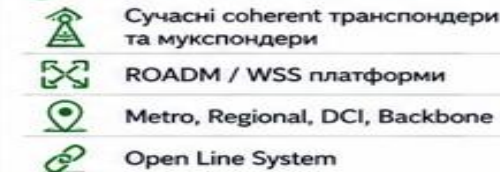


i Flex Grid — це не окремий кабель, а спосіб гнучко виділити потрібний спектральний слот у DWDM системі.

4. Для чого потрібен Flex Grid



5. Де застосовується



i Як правило, нові coherent транспондери / мукспондери часто підтримують Flex Grid, але сумісність залежить від платформи, ROADM/WSS та line system.



Висновок: Flex Grid дозволяє виділяти спектр під реальну ширину сигналу, тому він став базою для сучасних 100G/200G/400G/800G DWDM мереж.

1. Модуляція

більше біт/символ → більше ємність, але менша
толерантність до шуму



QPSK

найбільший запас по
дальності, нижча ємність

Ємність

Дальність /
запас



8QAM

баланс швидкості та
дальності

Ємність

Дальність /
запас



16QAM

вища ємність, але лінія має
бути якісною

Ємність

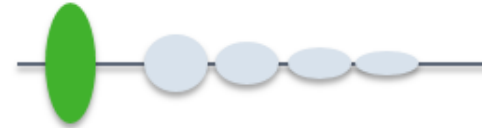
Дальність /
запас

Практична логіка

- QPSK — коли потрібен запас і дальність.
- 16QAM — коли потрібна швидкість, але потрібен кращий OSNR.
- Вибір модуляції пов'язаний з FEC і шириною спектрального слоту.

2. OSNR

OSNR = сигнал / оптичний шум



Rx power може бути нормальний,
але якщо шум високий — канал
буде нестабільний.

- EDFA підсилює сигнал, але додає шум.
- Для 100G/400G дивимося OSNR, а не тільки dBm.

3. Дисперсія

Дисперсія = розтягування імпульсу у волокні



короткі
імпульси



імпульси розтягнулись

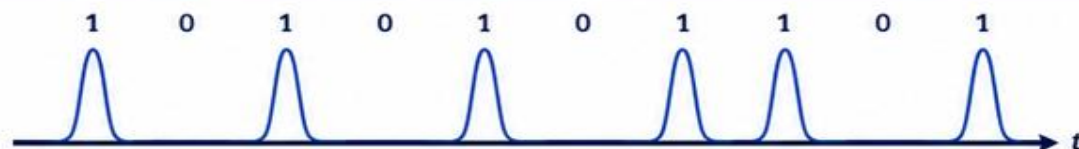
- CD / PMD / DGD видно
в coherent CLI.
- DSP компенсує
частину впливу, але є
межі.

OSNR + дисперсія показують, чи є реальний запас по

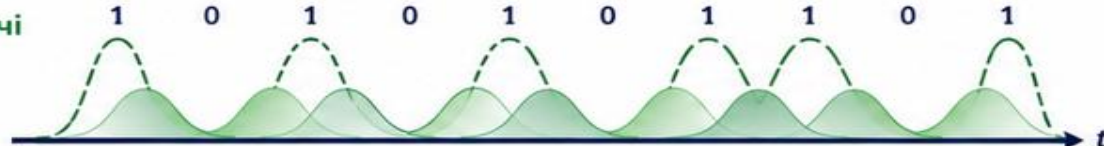
лінії.

Імпульсний сигнал у часі

Вхідний сигнал



Після передачі по волокну



Розтягування імпульсу → міжсимвольні завади (ISI) → зростання BER

Основні типи дисперсії



Хроматична дисперсія (CD)

Різні оптичні частоти (довжини хвиль) поширюються з різними груповими швидкостями.



Поляризаційна модова дисперсія (PMD)

Дві ортогональні поляризації мають різні шляхи/швидкості через неоднорідності волокна.

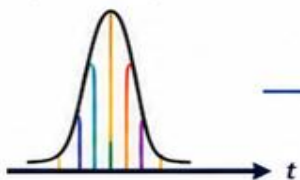


Модова дисперсія

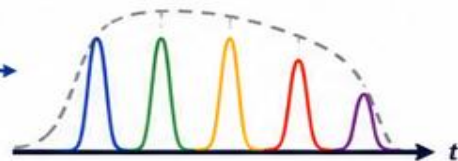
Різні моди (шляхи) у мультимодовому волокні приходять у різний час.

Розтягування імпульсу (pulse stretching)

Короткий оптичний імпульс (різні спектральні компоненти)



Компоненти прибувають у різний час імпульс розтягується



— — — — —
Різні довжини хвиль (частоти)

Базова формула

$$\Delta\tau = D \cdot \Delta\lambda \cdot L$$

D — коефіцієнт дисперсії, пс/(нм·км)

$\Delta\lambda$ — спектральна ширина джерела

L — довжина лінії, км



Результат $\Delta\tau$ у пікосекундах (пс)

Практичний сенс



Чим вища швидкість, тим критичніша дисперсія.



У direct-detect мережах CD обмежує дальність.



У coherent-системах CD часто компенсується DSP.



PMD і OSNR все одно потрібно контролювати.



Мета — мінімізувати розтягування імпульсу та зберегти його цілісність для низького BER і надійної роботи мережі.

telecom

ITBIZ



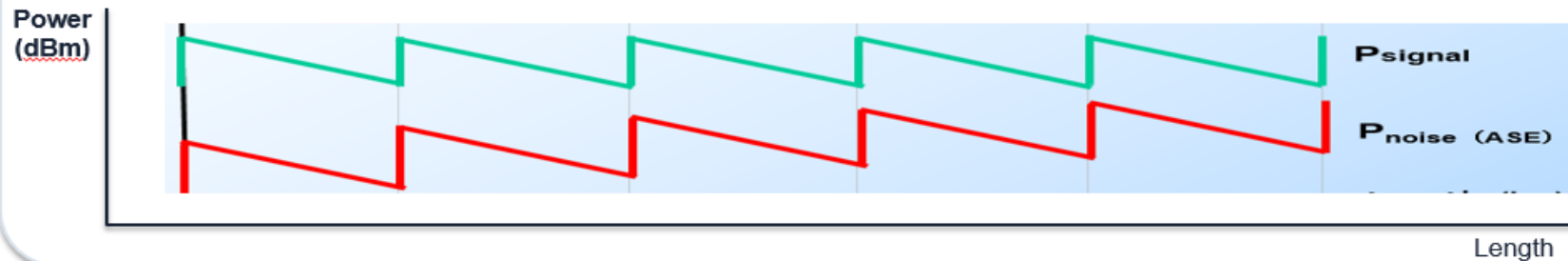
1. Лінійна DWDM-система з підсиленням



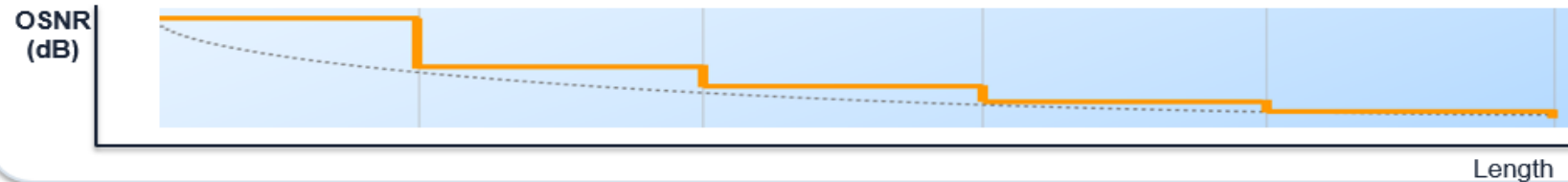
OSNR це не просто Rx

Важливо співвідношення сигналу до шуму, а не тільки рівень потужності в dBm.

2. Сигнал падає на волокні, підсилювач його піднімає — шум накопичується



3. OSNR з кожним каскадом погіршується



Що відбувається

1. Волокно додає втрати

Сигнал поступово зменшується по довжині траси.

2. OA піднімає потужність

Після підсилювача Rx power може виглядати нормальним.

3. Але шум ASE накопичується

Тому OSNR падає, а Pre-FEC BER може рости.

Висновок: підсилювачі відновлюють рівень сигналу, але не “очищують” його від шуму. Для 100G/400G критично контролювати OSNR, Pre-FEC BER та uncorrected помилки.



Pre-FEC BER

Помилки до корекції FEC. Показує реальний стан лінії. Якщо значення росте — лінія погіршується.



Post-FEC BER

Помилки після корекції. Якщо FEC справляється — значення дуже низьке або 0. Це ближче до якості сервісу.



Uncorrected FEC

Помилки, які FEC вже не зміг виправити. $Uncorrected > 0$ — поганий симптом, межа або аварійний стан.



Норма

- Pre-FEC стабільний
- FEC corrections помірні
- Uncorrected = 0



Попередження

- Pre-FEC росте
- FEC corrections ростуть
- Потрібно перевірити OSNR, CD, лінію



Аварія / межа

- Uncorrected FEC > 0
- Post-FEC погіршується
- Сервіс нестабільний



Висновок: FEC допомагає утримувати сервіс, але для coherent-ліній потрібно дивитися не лише на FEC, а й на Pre-FEC BER, OSNR та тренд помилок.



BER / FEC: як читати значення

Що означає запис $1e-4$, $1e-12$ і які значення вважати добрими або критичними



Що означає E

- 1 $1e-2 = 0.01$
- 2 $1e-3 = 0.001$
- 3 $1e-4 = 0.0001$
- 4 $1e-12 = 0.00000000000001$



Чим більший модуль від'ємного степеня після E — тим менше помилок.

$1e-12$ краще, ніж $1e-4$.

БІЛЬШЕ ПОМИЛОК



МЕНШЕ ПОМИЛОК



Практична інтерпретація

-  $1e-2$ — критично / близько до межі
-  $1e-3 \dots 1e-4$ — робоча зона для Pre-FEC, FEC уже важливий
-  $1e-5 \dots 1e-6$ — добра Pre-FEC зона
-  $1e-12$ і нижче — дуже добре / рівень після корекції або сервісу



Uncorrected
FEC = 0 —
добре



Uncorrected
FEC > 0 —
тривога



Висновок: для coherent-рішень важливо дивитися не лише BER, а й Pre-FEC, Post-FEC, Uncorrected FEC та OSNR.



Як працює FEC — проста аналогія

Пакети як машини на дорозі: частину помилок FEC виправляє, а частину — вже ні.

1

Лінія / канал

Добрий OSNR



Ями = шум
та імпейрменти
в лінії

Поганий OSNR



Ями = шум
та імпейрменти
в лінії

2

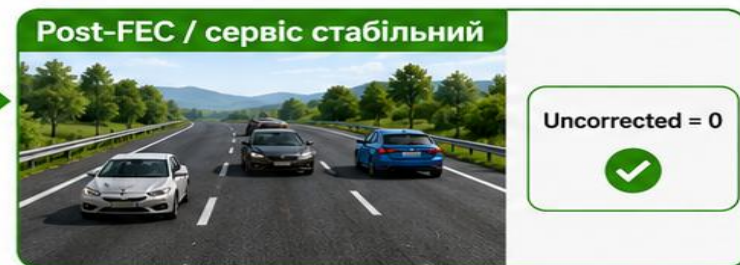
FEC корекція



3

Вихід після FEC

Post-FEC / сервіс стабільний



Uncorrected FEC



● Pre-FEC BER —
помилки до корекції

● Post-FEC BER —
помилки після корекції

● Uncorrected FEC —
невиправлені помилки



FEC допомагає, але якщо якість лінії погана, з'являються не виправлені помилки.

telecom

ITBIZ



Як це виглядає на реальному обладнанні

Приклад параметрів coherent/DCO модуля, які важливо контролювати

CFP2-DCO — Інформація про модуль OK	
Параметр	Значення
Module Identifier	CFP2-DCO
PN	CT-CTS400SLHTA0
SN	INMAGV090009
Wave Tunable	Frequency, CD, Tx Power
Rx Frequency (THz)	192.4000
Tx Frequency (THz)	192.4000
CD (ps/nm)	1406
DGD (ps)	41
OSNR (dB)	20.0
ESNR (dB)	0.0
Rx Power (dBm)	-10.37
Tx Power (dBm)	-0.02
Temperature (°C)	48.58
Voltage (V)	3.310
Current (mA)	0.00



CD —
хроматична
дисперсія



OSNR — показує
співвідношення
сигнал/шум



Rx/Tx Power —
рівні оптичної
потужності

OEO400G-05U / 400G DCO — Статус та конфігурація

RUN

DCO Operating Mode

400G-16OAM, 20% SDFEC, 100GEx4

Frequency / Channel

C24 (192.4 THz)

CFP2 Wavelength

1558.17 nm

Статус по портам

Параметр	QSFP28-1	QSFP28-2	CFP2	QSFP28-3	QSFP28-4
Link Status	Up	Up	Up	Up	Up
Frequency / Channel	---	---	C24	---	---
Wavelength (nm)	1310	1310	1558.17	1310	1310
Rx Power (dBm)	-10.43	-10.37	-10.43	-10.38	-10.36
Tx Power (dBm)	-0.43	-0.41	-0.42	-0.40	-0.44
Temperature (°C)	46.32	46.83	48.56	33.11	31.57

Ключові показники

PRE-BER	5.194429e-03	
Uncorrected Error	0	



DCO mode —
модуляція та
FEC режим



PRE-BER —
помилки до
корекції FEC



Uncorrected Error = 0 —
FEC справляється



На практиці дивимось не лише на Rx power, а й на OSNR, CD, PRE-BER та uncorrected помилки.
Саме ці параметри показують реальний стан лінії.

```
olm@MX301-Zap> show interfaces transport pm optics current et-0/0/0
```

```
Physical interface: et-0/0/0, SNMP ifIndex 533
```

```
Current: 2026-05-04,09:45:00 - current
```

```
Suspect Flag: False
```

```
Reason: Not Applicable
```

PM	CURRENT	MIN	MAX	AVG	THRESHOLD		TCA-ENABLED		TCA-RAISED	
					(MIN)	(MAX)	(MIN)	(MAX)	(MIN)	(MAX)
Module temperature (Celsius)	66	64	71	68	0	73	No	No	No	No
Supply voltage (V)	3.30	3.30	3.30	3.30	0	0	NA	NA	NA	NA
Pre-FEC BER	2.39e-2	2.39e-2	2.41e-2	2.39e-2	0	9.00e-3	NA	No	NA	No
Uncorrected FER	2.00e-0	2.00e-0	2.00e-0	2.00e-0	0	0.00e-0	NA	No	NA	No
SNR (dB)	12.2	12.2	12.3	12.2	15.0	0	No	NA	No	NA
Tx power (dBm)	-0.03	-0.06	0.07	0.00	-16.00	0.00	No	No	No	No
Rx total power (dBm)	-18.10	-18.36	-17.88	-18.10	-21.00	2.00	No	No	No	No
Rx signal power (dBm)	-17.30	-18.01	-17.30	-17.65	-13.50	0.00	No	No	No	No
Tx bias current (mA)	229.2	229.2	229.2	229.2	0	0	NA	NA	NA	NA
Carrier frequency offset (MHz)	161	93	250	164	-3600	3600	No	No	No	No
Chromatic dispersion (ps/nm)	140	134	145	139	0	0	NA	NA	NA	NA
Differential group delay (ps)	4	3	5	4	0	0	NA	NA	NA	NA
SOPMD (ps^2)	102.0	70.0	150.0	110.9	0	0	NA	NA	NA	NA
PDL (dB)	0.6	0.4	0.8	0.6	0	0	NA	NA	NA	NA
SOP ROC (krad/sec)	0	0	0	0	0	0	NA	NA	NA	NA
OSNR (dB)	18.1	17.9	18.3	18.0	0	0	NA	NA	NA	NA
Modulator bias X/I (%)	45.67	45.43	45.79	45.61	0	0	NA	NA	NA	NA
Modulator bias X/Q (%)	37.71	37.36	37.73	37.55	0	0	NA	NA	NA	NA
Modulator bias Y/I (%)	38.23	38.05	38.46	38.26	0	0	NA	NA	NA	NA
Modulator bias Y/Q (%)	39.69	39.39	39.86	39.61	0	0	NA	NA	NA	NA
Modulator bias X phase (%)	26.14	25.72	26.26	25.97	0	0	NA	NA	NA	NA
Modulator bias Y phase (%)	35.10	34.96	35.42	35.21	0	0	NA	NA	NA	NA
Q value (dB)	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	NA	NA	NA	NA
Q margin (dB)	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	NA	NA	NA	NA



Physical interface: et-0/0/22:0, Enabled, Physical link is Up
Interface index: 166, SNMP ifIndex: 535
Description: 400-1-1
Link-level type: Ethernet, MTU: 9216, MRU: 9224, Speed: 100Gbps, BPDU Error: None, Loop Detect PDU Error: None, Ethernet-Switching Error:
Source filtering: Disabled, Flow control: Disabled
Device flags : Present Running
Interface Specific flags: Internal: 0x100200
Interface flags: SNMP-Traps Internal: 0x4000
Link flags : None
Wavelength : 1544.53 nm, Frequency: 194.10 THz
Optic-loopback : Disabled , Optic-loopbacktype : nil
Media Code : 2R-200-OFEC-QPSK
Host Code : 100GAUI-2 C2M (Annex 135G)
CoS queues : 8 supported, 8 maximum usable queues
Schedulers : 0
Current address: e8:a5:5a:9b:79:79, Hardware address: e8:a5:5a:9b:72:7d
Last flapped : 2026-04-28 07:45:33 UTC (6d 01:23 ago)
Input rate : 984 bps (1 pps)
Output rate : 984 bps (1 pps)
Active alarms : None
Active defects : None
PCS statistics
Bit errors 0
Errored blocks 0
Ethernet FEC Mode : FEC91-RS544
FEC Codeword size 544
FEC Codeword rate 0.945
Ethernet FEC statistics Errors
FEC Corrected Errors 0
FEC Uncorrected Errors 0
FEC Corrected Errors Rate 0
FEC Uncorrected Errors Rate 0
Optic FEC Mode : OFEC
Optic FEC statistics:
Corrected Errors 24175303250325
Uncorrected Words 0
Corrected Error rate 51838557
Uncorrected Error rate 0
Corrected Error Ratio (527443 seconds average) 2.00e-04
PRBS Mode : Disabled
Link Degrade :
Link Monitoring : Disable
Interface transmit statistics: Disabled

OTU 400G



Hardware Version	1.01	Software Version	1.27	Protocol Version	1.01
Production Date	2021.10.18	SN			
Type	OEO400G-05U	Description			

[Apply](#) [Refresh](#)

Basic Config

DCO Operating Mode	400G-16QAM, 20% SD-FEC, 100GEx4 Settings	Loop Setting	Disable Settings
		Client FEC	Q1: Disable Q2: Disable Q3: Disable Q4: Disable Settings
		LFP Mode	Disable
		GBX Temperature	Die0: 51 °C, Die1: 48 °C
CFP Mode	Ready State.		

Status information

Port	QSFP28-1				QSFP28-2				CFP2	QSFP28-3				QSFP28-4			
Link Status	Up				Up				Up	Up				Up			
Frequency(GHz)	---				---				C24	---				---			
Wavelength(nm)	1310				1310				1558.17	1310				1310			
Channel	CH1	CH2	CH3	CH4	CH1	CH2	CH3	CH4	CH1	CH1	CH2	CH3	CH4	CH1	CH2	CH3	CH4
Tx Power(dBm)	1.49	1.50	1.02	1.17	1.46	1.39	0.96	0.67	0.00	0.83	0.30	0.38	0.76	1.16	1.40	1.47	1.49
Rx Power(dBm)	2.10	2.31	1.93	1.77	1.28	1.17	0.89	1.17	-10.43	0.62	1.13	1.00	0.93	1.55	1.29	1.91	1.47
Current(mA)	56.88	56.97	63.30	63.30	62.31	60.84	63.30	63.30	0.00	47.55	47.55	47.55	47.55	47.55	47.55	47.55	47.55
Voltage(V)	3.303				3.304				3.309	3.269				3.271			
Temperature(C)	46.32				46.83				48.56	33.11				31.57			
Rx Threshold(dBm)	-15.00				-15.00				-15.00	-15.00				-15.00			
ALS Mode	ON				ON				ON	ON				ON			
ALS Interval Time(s)	100				100				100	100				100			
ALS Duration Time(ms)	200				200				200	200				200			
PRE-BER	---				---				5.194429e-03	---				---			
Uncorrected Error	---				---				0 Clean	---				---			

telecom

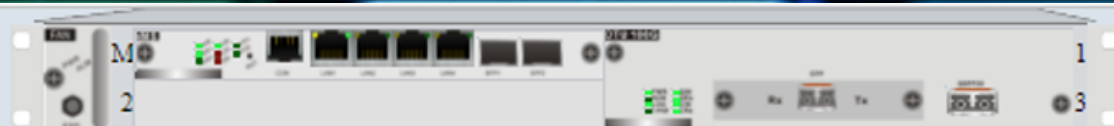
ITBIZ

[Refresh](#)

DWDM.ME

Slot 16 CFP2 Information ▶

Parameter	Value
Module Identifier	CFP2-DCO
PN	CT-CTS400SLHTA0
SN	INMAGV090009
Wave Tunable	Frequency, CD, Tx Power
RxFrequency(THz)	192.4000
TxFrequency(THz)	192.4000
SettingsFrequency(THz)	192.4000 Modify
CD(ps/nm)	1406
DGD(ps)	41
OSNR(dB)	20.0
ESNR(dB)	0.0
CD Search Max	12000 Settings
CD Search Min	-100 Settings
DDM	Support
Calibration	External
Rx Power(dBm)	-10.37
Tx Power(dBm)	-0.02
SettingsPower(dBm)	0.00 Modify
Temperature	48.58
Voltage(V)	3.310
Current(mA)	0.00



Slot 3 CFP Information ▶

Channel Wavelength(nm) C Band				
○ 1 1567.13 C13.0	○ 2 1566.72 C13.5	○ 3 1566.31 C14.0	○ 4 1565.90 C14.5	○ 5 1565.50 C15.0
○ 6 1565.09 C15.5	○ 7 1564.68 C16.0	○ 8 1564.27 C16.5	○ 9 1563.86 C17.0	○ 10 1563.45 C17.5
○ 11 1563.05 C18.0	○ 12 1562.64 C18.5	○ 13 1562.23 C19.0	○ 14 1561.83 C19.5	○ 15 1561.42 C20.0
○ 16 1561.01 C20.5	○ 17 1560.61 C21.0	○ 18 1560.20 C21.5	○ 19 1559.79 C22.0	○ 20 1559.39 C22.5
○ 21 1558.98 C23.0	○ 22 1558.58 C23.5	○ 23 1558.17 C24.0	○ 24 1557.77 C24.5	○ 25 1557.36 C25.0
○ 26 1556.96 C25.5	○ 27 1556.55 C26.0	○ 28 1556.15 C26.5	○ 29 1555.75 C27.0	○ 30 1555.34 C27.5
○ 31 1554.94 C28.0	○ 32 1554.54 C28.5	⊗ 33 1554.13 C29.0	○ 34 1553.73 C29.5	○ 35 1553.33 C30.0
○ 36 1552.93 C30.5	○ 37 1552.52 C31.0	○ 38 1552.12 C31.5	○ 39 1551.72 C32.0	○ 40 1551.32 C32.5
○ 41 1550.92 C33.0	○ 42 1550.52 C33.5	○ 43 1550.12 C34.0	○ 44 1549.72 C34.5	○ 45 1549.32 C35.0
○ 46 1548.91 C35.5	○ 47 1548.51 C36.0	○ 48 1548.11 C36.5	○ 49 1547.72 C37.0	○ 50 1547.32 C37.5
○ 51 1546.92 C38.0	○ 52 1546.52 C38.5	○ 53 1546.12 C39.0	○ 54 1545.72 C39.5	○ 55 1545.32 C40.0
○ 56 1544.92 C40.5	○ 57 1544.53 C41.0	○ 58 1544.13 C41.5	○ 59 1543.73 C42.0	○ 60 1543.33 C42.5
○ 61 1542.94 C43.0	○ 62 1542.54 C43.5	○ 63 1542.14 C44.0	○ 64 1541.75 C44.5	○ 65 1541.35 C45.0
○ 66 1540.95 C45.5	○ 67 1540.56 C46.0	○ 68 1540.16 C46.5	○ 69 1539.77 C47.0	○ 70 1539.37 C47.5
○ 71 1538.98 C48.0	○ 72 1538.58 C48.5	○ 73 1538.19 C49.0	○ 74 1537.79 C49.5	○ 75 1537.40 C50.0
○ 76 1537.00 C50.5	○ 77 1536.61 C51.0	○ 78 1536.22 C51.5	○ 79 1535.82 C52.0	○ 80 1535.43 C52.5
○ 81 1535.04 C53.0	○ 82 1534.64 C53.5	○ 83 1534.25 C54.0	○ 84 1533.86 C54.5	○ 85 1533.47 C55.0
○ 86 1533.07 C55.5	○ 87 1532.68 C56.0	○ 88 1532.29 C56.5	○ 89 1531.90 C57.0	○ 90 1531.51 C57.5
○ 91 1531.12 C58.0	○ 92 1530.72 C58.5	○ 93 1530.33 C59.0	○ 94 1529.94 C59.5	○ 95 1529.55 C60.0
○ 96 1529.16 C60.5				

telecom

ITBIZ



DWDM.ME

Когерентне та некогерентне випромінювання

Чому 1/2/10G та 100/200/400G по-різному поведуться в оптичній лінії

Некогерентне / IM-DD (1G / 2.5G / 10G)

Передавач
LED / DFB Laser

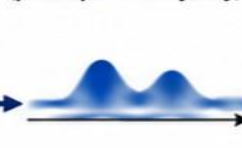


Спектр випромінювання



Оптичне волокно

Після волокна
(розширення імпульсу)



Ширший спектр
випромінювання



Простіша схема
прийому



Вища чутливість
до хроматичної дисперсії

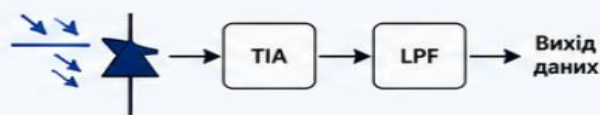


Типово: 1G / 2.5G / 10G

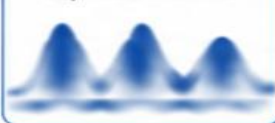


Пряме детектування

Приймач (пряме детектування)



Отриманий сигнал



Відновлений сигнал



На практиці такі системи сильніше залежать
від дисперсії та параметрів лінії.

Когерентне (100G / 200G / 400G)

Оптичне волокно
(мінімальні спотворення)



Спектр випромінювання



Передавач
DFB Laser (вузька лінія)



Вузька спектральна лінія /
контрольований сигнал



Когерентний приймач + DSP



Компенсація CD / PMD
у цифровій обробці

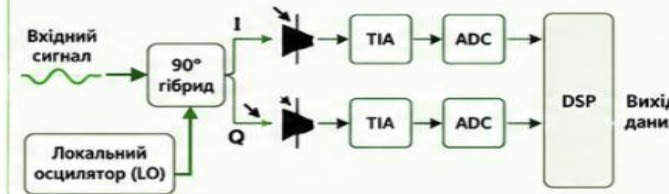


Типово: 100G / 200G / 400G

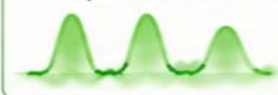


Краще працює на довгих лініях

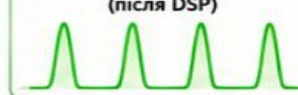
Когерентний приймач



Отриманий сигнал



Відновлений сигнал
(після DSP)



Когерентні системи краще компенсують дисперсію
та підтримують вищі швидкості.



Ключова ідея: у некогерентних системах сигнал простіший, але чутливіший до дисперсії;
у когерентних — складніший приймач, зате краща робота на 100G/200G/400G та компенсація впливів лінії.

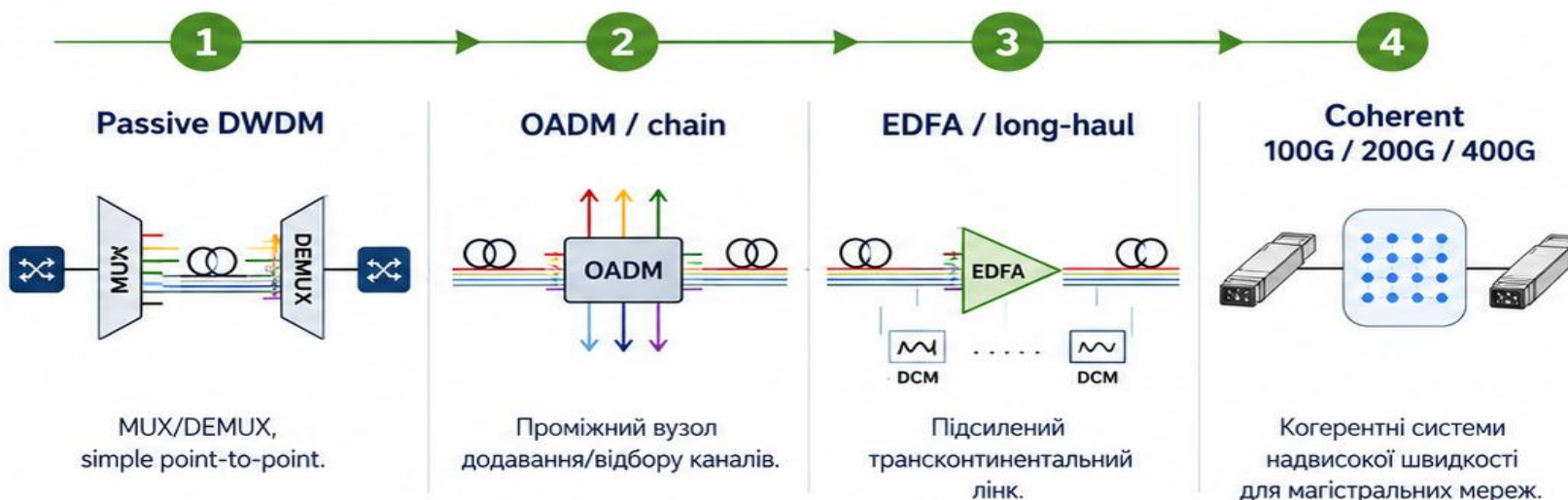


Від теорії до практики

Що можемо побудувати і як обрати правильний тип рішення



Універсального шаблону немає –
кожен кейс
потрібно
розглядати
окремо.



завдання і сервіси



топология і відстані



бюджет, OSNR,
ріст мережі



Далі розглянемо практичні сценарії побудови та вибір типу рішення.

Перші вхідні дані для проєкту

Що потрібно зібрати перед прорахунком та вибором рішення



Без коректних
вхідних даних
неможливо
правильно обрати
архітектуру та тип
обладнання.

1



Довжина волокна /
відстань між вузлами

2



Вимірювання лінії
на 1550 nm

3



Кількість волокон:
10B чи 20B

4



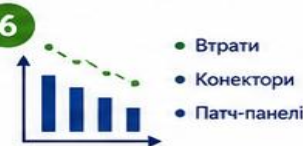
Матриця трафіку
та швидкості:
1G / 10G / 25G /
100G / 400G

5



Проміжні вузли /
потреба в OADM

6



Втрати, конектори,
патч-панелі, оптичний
бюджет

7



Потреба в захисті /
резервуванні

8



План росту мережі /
запас по каналах

На виході
отримуємо



тип рішення



склад
обладнання



очікуваний
бюджет



ризики та
обмеження



Після цього можна переходити до вибору платформи, типу шасі та конкретної конфігурації.

telecom

ITBIZ



MU-70-ACDC - 1U chassis

- Standard 1U, 19", 4 slots
- Dual power supply AC/DC optional
- Multiple service card hybrid insertion
- Support 10G/100G/200G hybrid transmission



MU-180-ACDC - 2U chassis

- Standard 2U, 19", 8 slots
- Dual power supply AC/DC optional
- Multiple service card hybrid insertion
- Support 10G/100G/200G hybrid transmission



MU-380-ACDC - 5U chassis

- Standard 5U, 19", 20 slots
- Dual power supply AC/DC optional
- Multiple service card hybrid insertion
- Support 10G/100G/200G hybrid transmission

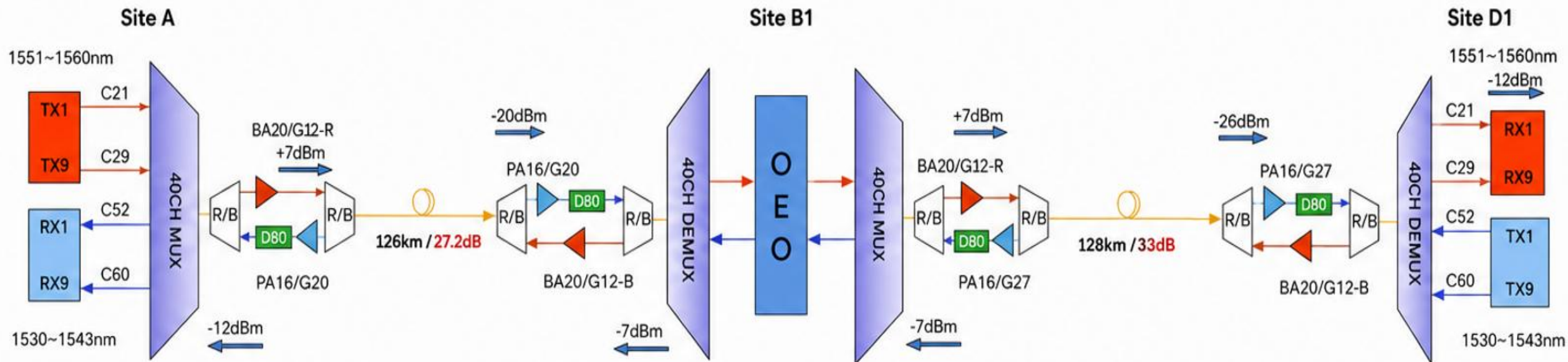


- Transmission capacity is 96×200 Gbps /60×400 Gbps
- Features a modular design with a wide range of service cards
- Supports YANG model interface capabilities and Web, CLI, SNMP management methods
- Supports 800G per service slot chassis
- Client side provides standards and data rates: 10GE / 100GE / STM-x / 100G OTU4 / 200GE / 400GE
- Supports 100G / 200G / 300G / 400G line rate per DWDM channel
- Supports CLI / SNMP / WEB network management capabilities
- Supports WSS card functionality up to 9 directions
- Has dual power supply 1 + 1 redundant AC220V / HVDC / -48V optional
- Power consumption < 1300W

1

ПРАКТИЧНИЙ КЕЙС №1

Одноволоконне DWDM-рішення



Довжина траси

- Site A – Site B1: 126 км
- Site B1 – Site D1: 128 км



Загасання волокна

- Site A – Site B1: 27.2 дБ
- Site B1 – Site D1: 33 дБ



Оптичний бюджет (приклад)

- Tx (SFP DWDM): 0 dBm
- Mux insertion loss: -5 dBm
- EDFA (BA): +7 dBm
- Fiber loss: +20 дБ / -26 дБ
- Rx рівень: -12 ~ -13 dBm



OSNR (дБ)

- Site A – Site B1: 32 > 24
- Site B1 – Site D1: 26 > 24



Ємність

10GbE × 16 каналів
= 160GbE



Висновок

Рішення працюватиме.
Рівні потужності, Rx
sensitivity та OSNR
в допустимих межах.

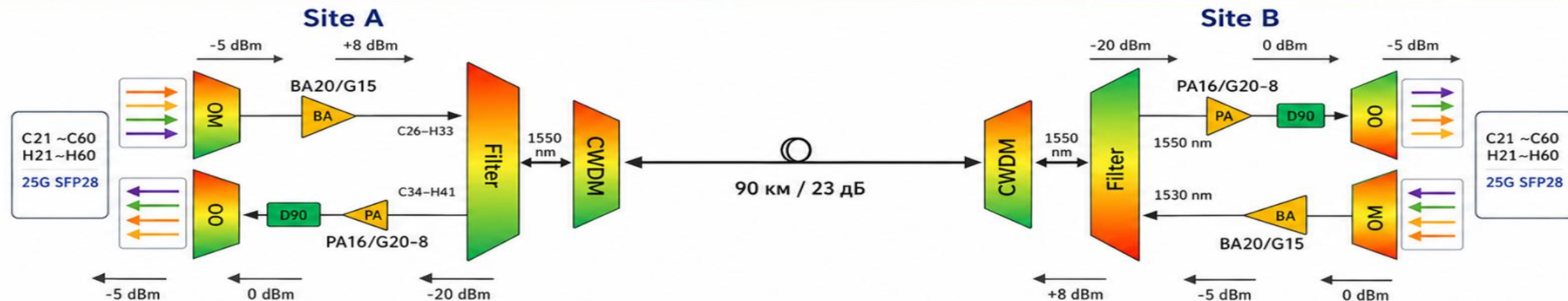
telecom
ITBIZ



ПРАКТИЧНИЙ КЕЙС №2

16×25G DWDM одноволоконне рішення

SFP28 25G DWDM + EDFA + DCM



1. ОПТИЧНИЙ БЮДЖЕТ (приклад)

0 dBm (SFP28 Tx)
↓
-5 dBm (DWDM 16Ch Mux)
↓
+4 dBm (BA, Gain 12 dB)
↓
лінія
↓
0 dBm (PA, Gain 20 dB)
↓
-5 dBm (DWDM 16Ch)



2. КОМПЕНСАЦІЯ ДИСПЕРСІЇ

DCM 90 км



3. OSNR

A → B:
 $58 - 29 - 6 + 8 = 31$
 > 30

✓ ВИМОГИ ВИКОНАНО



4. МАКСИМАЛЬНА ЄМНІСТЬ



16 каналів × 25G
= 400G



5. КЛЮЧОВИЙ ВИСНОВОК



Окрім 10G,
для таких DWDM рішень
можна використовувати
і 25G SFP28 моделі.

→ Напрямок передачі A → B (Tx) ← Напрямок передачі B → A (Rx)

Відстань лінії: 90 км | Загасання лінії: ~0,256 дБ/км | Загасання на лін

telecom

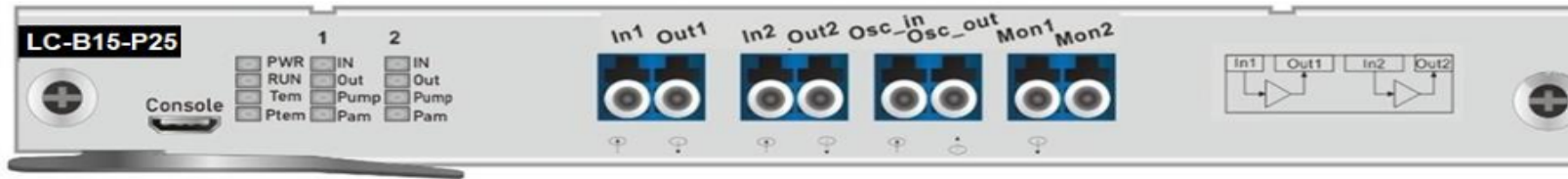
ITBIZ





Dual EDFA Optical Amplifier Board

DWMD.ME's dual EDFA Optical Amplifier board provide multi-function, low noise, Erbium-Doped Fiber Amplifier (EDFA) solutions, The amplifier module can be operated at constant gain (Automatic Gain Control AGC), constant output power (Automatic Power Control, APC). This is a highlyintegrated EDFA, and the large module supports Dual amplifier with two independent gain units .



Function

- C-band optical signal overall amplification
- Covering the wavelength range of 1528 ~ 1565nm
- Support systems to achieve different cross-section radio repeater transmission

Highlight

- Wide operating wavelength range:1528nm~1565nm
- Dual amplifier contains two independent gain units
- Low noise figure: typ 5dB
- Excellent gain flatness
- Optional OSC channel for remote management
- Multiple operating modes:
 - AGC adjustable Gain
 - APC output is adjustable
 - ACC voltage adjustable
- MON port, on-line monitoring optical power and OSNR

EDFA Optical Amplifier board

EDFA Optical Amplifier module provide multi-function, low noise, Erbium-Doped Fiber Amplifier (EDFA) solutions, The amplifier module can be operated at constant gain (Automatic Gain Control AGC), constant output power (Automatic Power Control, APC). Integrated VOA can be automatically adjusted to achieve smooth gain spectrum. It can amplify the C-Band signal with or w/o middle stage access(MSA), which brings great flexibility for the network application.

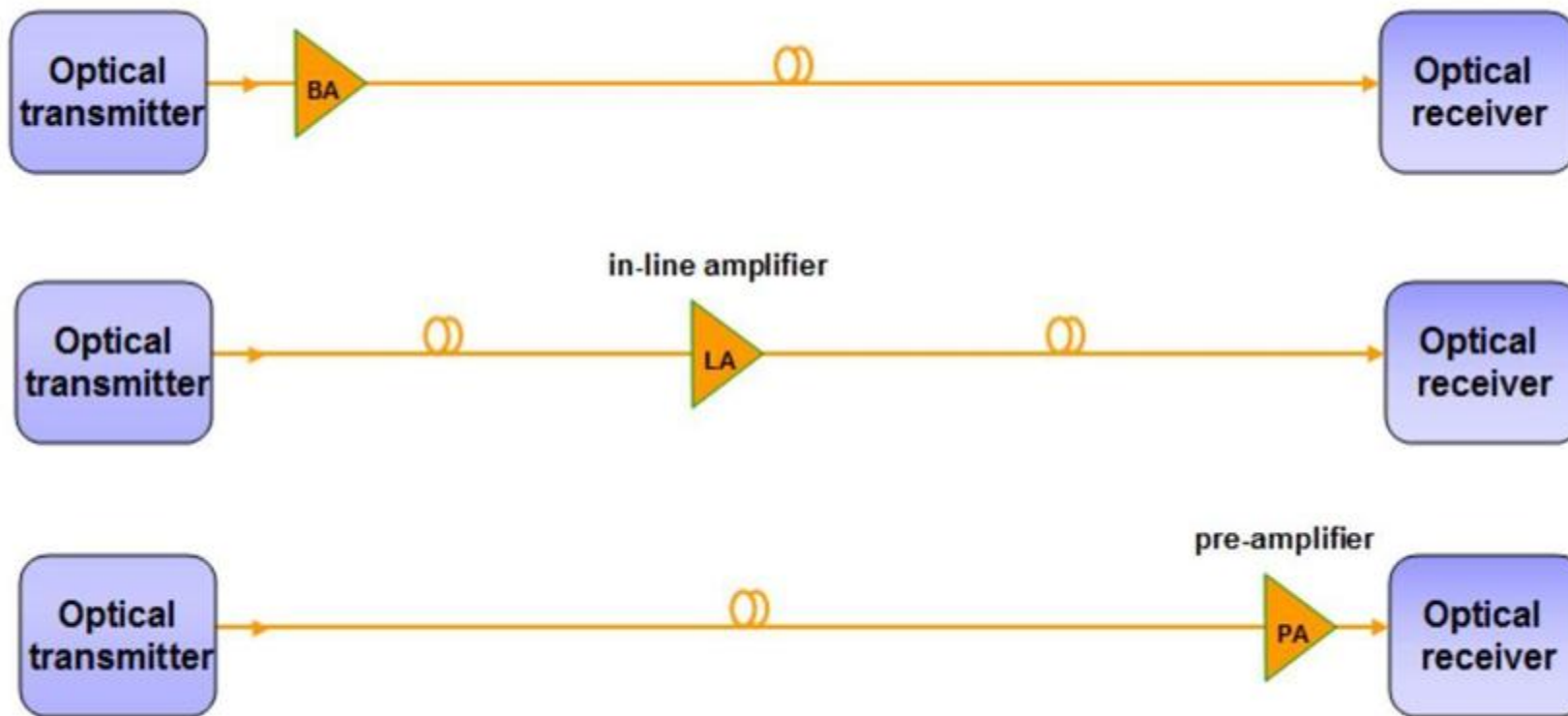


Function

- C-band optical signal overall amplification
- Covering the wavelength range of 1528 ~ 1565nm
- Support systems to achieve different cross-section radio repeater transmission

Highlight

- Wide operating wavelength range: 1528nm~1565nm
- Three Optical Amplifier C-Band applications:
 - Booster
 - In-line
 - Pre-amplifier
- Low noise figure: typical: 5dB
- Excellent gain flatness
- Multiple operating modes:
 - AGC adjustable Gain
 - APC output is adjustable
 - ACC voltage adjustable
- Mid-stage access for DCM or OADM
- Optional OSC channel for remote management
- MON port, on-line monitoring optical power and OSNR



Performance Parameter

Parameter		Min.	Typical	Max.	Unit
Operating Wavelength		1528		1565	nm
Output Power				22	dBm
Gain		8		33	dB
Input Power	BA	-10		Max.Output -Gain	dBm
	PA/LA	(Max.input-29)		Max.Output -Gain	
Noise Figure			5.0		dB
Gain Flatness			1.0		dB
Input Threshold		-34		Can be adjusted	dBm
Polarization Dependence Loss				0.3	dB
Polarization Dependence Gain				0.4	dB
Polarization Mode Dispersion				0.5	ps
Pump Power Leakage				-29	dBm
Return Loss		45			dB
EDFA Size		191 (W) x 253 (D) x 20 (H)			mm
Environment	Operating Temperature	-10℃ ~ 60℃			℃
	Storage Temperature	-40℃ ~ 80℃			℃
	Relative Humidity	5% ~ 95% Non-condensing			
Power Consumption		≤15			

Single Fiber Bidirectional Optical Amplifier Board EDFA

DWDM.ME's Single Fiber Bidirectional Optical Amplifier Board EDFA Amplifier models include a Red and a blue port designed for single fiber DWDM Solution. The design of these models is used for single-fiber DWDM transmission systems.

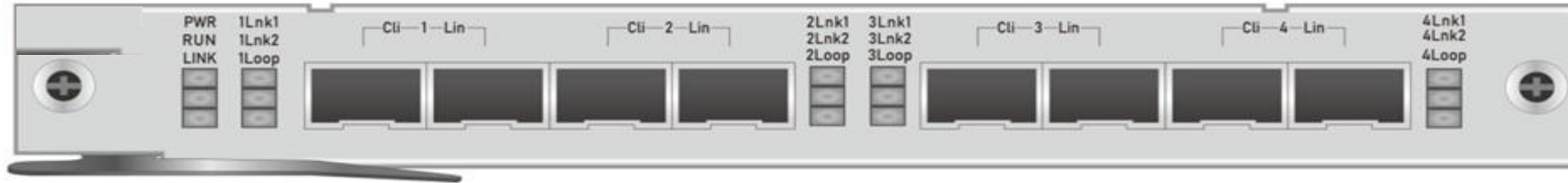


Function

- C-band optical signal overall amplification
- Covering the wavelength range of 1528 ~ 1561nm
- Support systems to achieve different cross-section radio repeater transmission

Highlight

- Operating wavelength range:
 - Blue: 1528nm~1543nm
 - Red: 1547nm~1561nm
- Low noise figure: typ 5dB
- Excellent gain flatness
- Multiple operating modes:
 - AGC adjustable Gain
 - APC output is adjustable
 - ACC voltage adjustable
- Mid-stage access for DCM or OADM
- Offset the insertion loss introduced by DCM
- Reduce the additional degradation of system OSNR
- Flexible insertion of DCMs at different distances
- Optional OSC channel for remote management

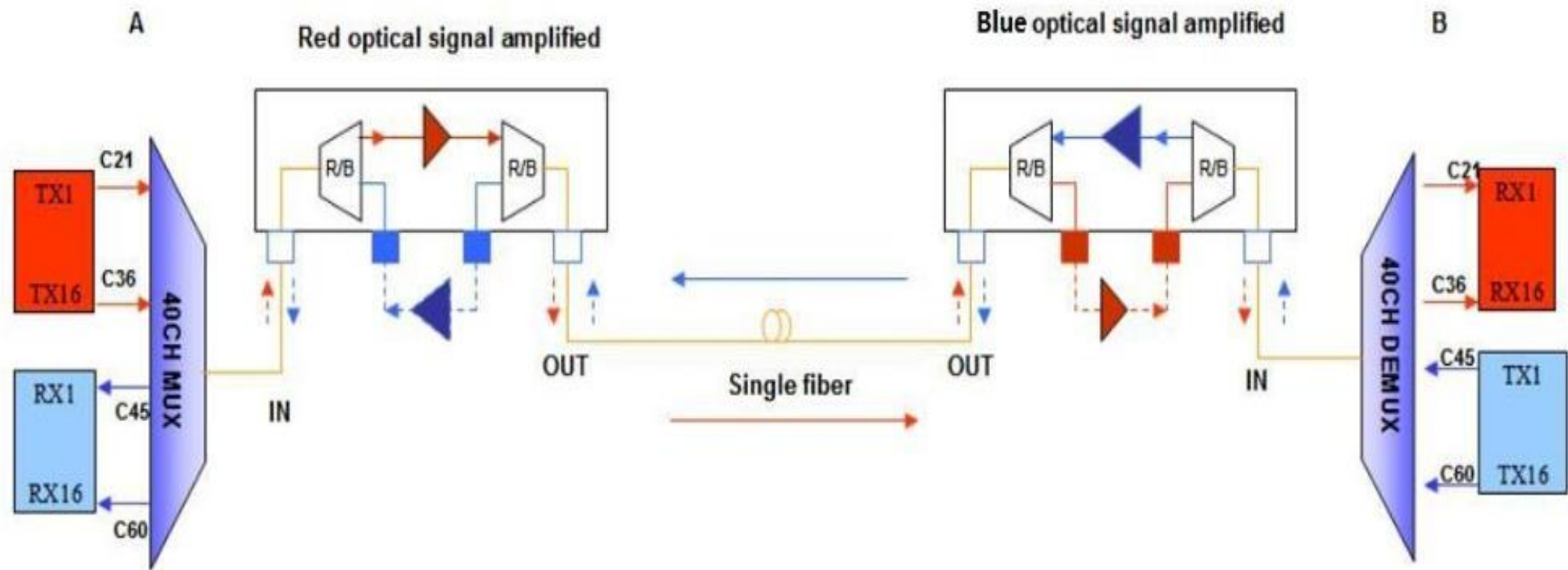


Function

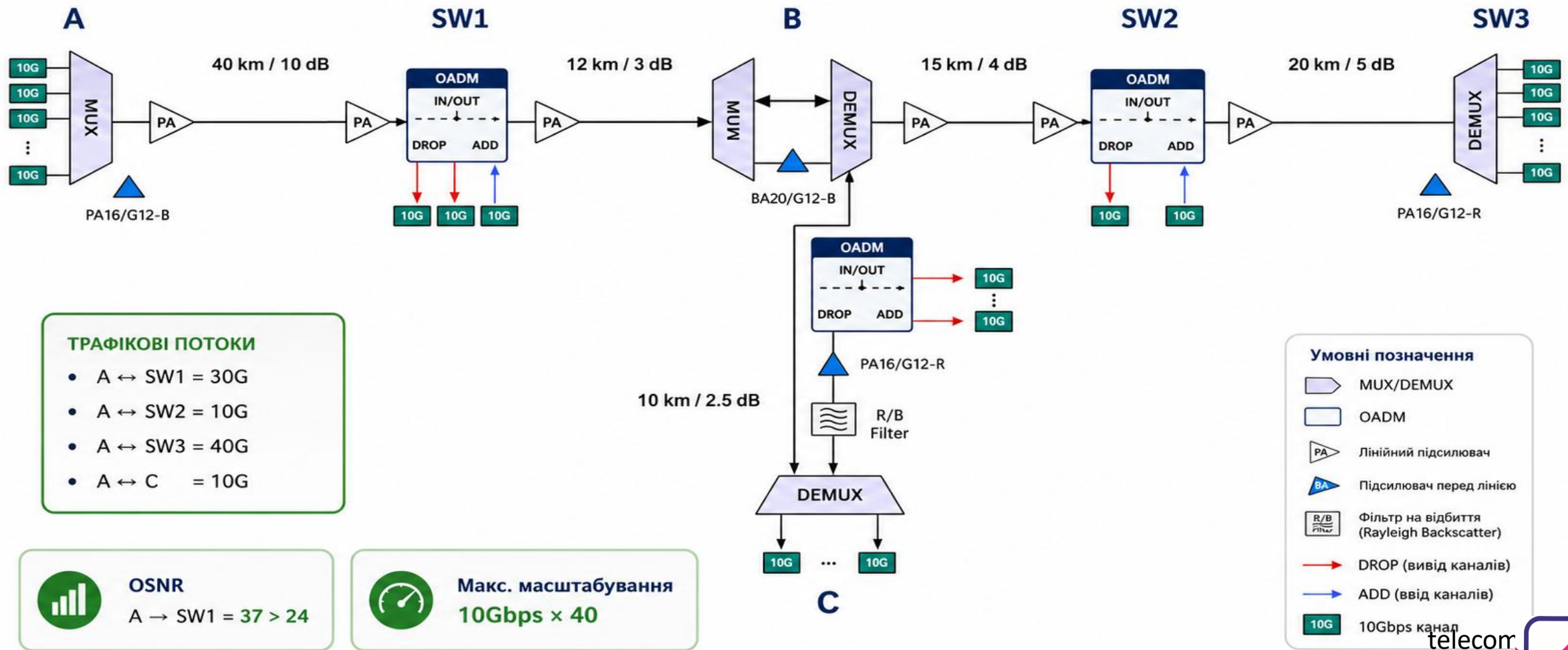
- Media conversion
- Signal repeating
- Lambda conversion

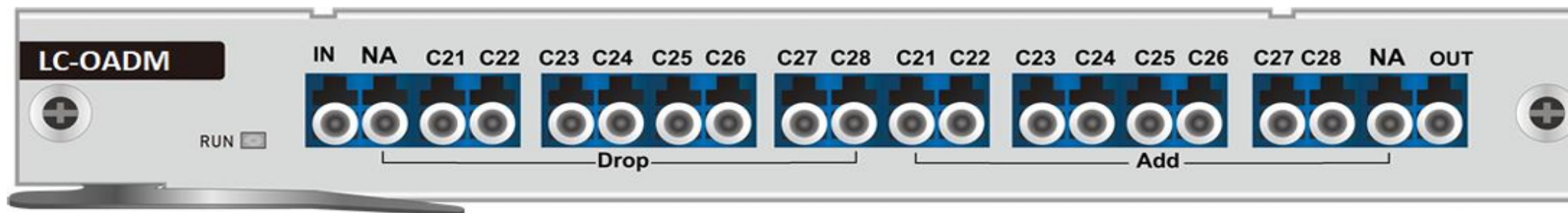
Highlight

- 3R signal regeneration
 - Re-transmission
 - Re-shaping
 - Re-timing
- Multi-rate supports 1Gbps ~ 10Gbps
- Supports Loopback Test
- Supports ALS, LFP
- Flexible transmission of various protocols
 - Fiber Channel 1/2/4/8 /10Gbps
 - CPRI: 2/3/4/5/6/7
 - 1G/10G Ethernet
 - SDH STM-4/16/64



Практичний кейс №3: DWDM з OADM вузлами





Function

- DWDM Passive Optical Add/Drop Multiplexers
- Achieve 2/4/8 channel add and drop

Highlight

- Support 2/4/8 channel add and drop
- Plug and play: requires no configuration
- Green product: completely passive, needs no power and no cooling
- Low insertion loss
 - 2CH maximum insertion loss $\leq 1.5\text{dB}$
 - 4 CH maximum insertion loss $\leq 3\text{dB}$
 - 8CH maximum insertion loss $\leq 4.5\text{dB}$
- High channel isolation
 - Adjacent isolation $\geq 25\text{dB}$
 - Non-adjacent isolation $\geq 35\text{dB}$

Що таке OADM?

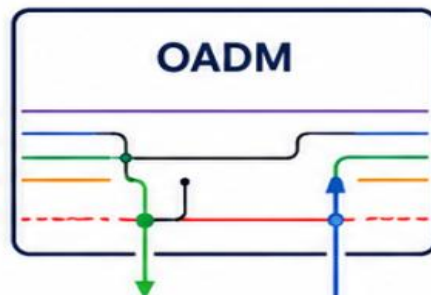
OADM (Optical Add/Drop Multiplexer) — пасивний оптичний вузол, який вибірково вилучає (drop) та додає (add) окремі довжини хвиль у багатоканальному DWDM сигналі без перетворення решти каналів.

ВХІД З МАГІСТРАЛІ
DWDM канали

C21 / $\lambda 1$
C22 / $\lambda 2$
C23 / $\lambda 3$
C24 / $\lambda 4$
⋮
C60 / λN



Магістральне волокно
DWDM сигнал



Магістральне волокно
DWDM сигнал

ВИХІД ДО НАСТУПНОГО
ВУЗЛА / МАГІСТРАЛІ

C21 / $\lambda 1$
C22 / $\lambda 2$
C23 / $\lambda 3$
C24 / $\lambda 4$
⋮
C60 / λN



DROP (вилучення)

C23 / $\lambda 3$...

Локальний вузол /
споживач

ADD (додавання)

C22 / $\lambda 2$
C24 / $\lambda 4$

Локальний вузол /
джерело

1

**Drop — вибіркоче
вилучення потрібної
довжини хвилі**



OADM вилучає одну або кілька довжин хвиль із потоку та направляє їх до локального вузла (споживача сервісу).

2

**Add — додавання
локального каналу назад
у магістраль**



Локальні сервіси можуть бути додані у магістраль у вибраних довжинах хвиль без впливу на інші канали.

3

**Through — решта каналів
проходить транзитом без
перетворення**



Усі інші довжини хвиль проходять через OADM прозоро, без оптичного—електричного перетворення та без деградації сигналу.



Переваги



Менше активного обладнання — пасивне рішення без живлення



Гнучка побудова проміжних вузлів — легко масштабувати та розширювати



Ефективне використання спектра — оптимальна ємність мережі DWDM



OADM широко застосовуються у реальних DWDM мережах для організації проміжних вузлів, відгалужень і підключення локальних споживачів без необхідності повного демультиплексування всіх каналів.

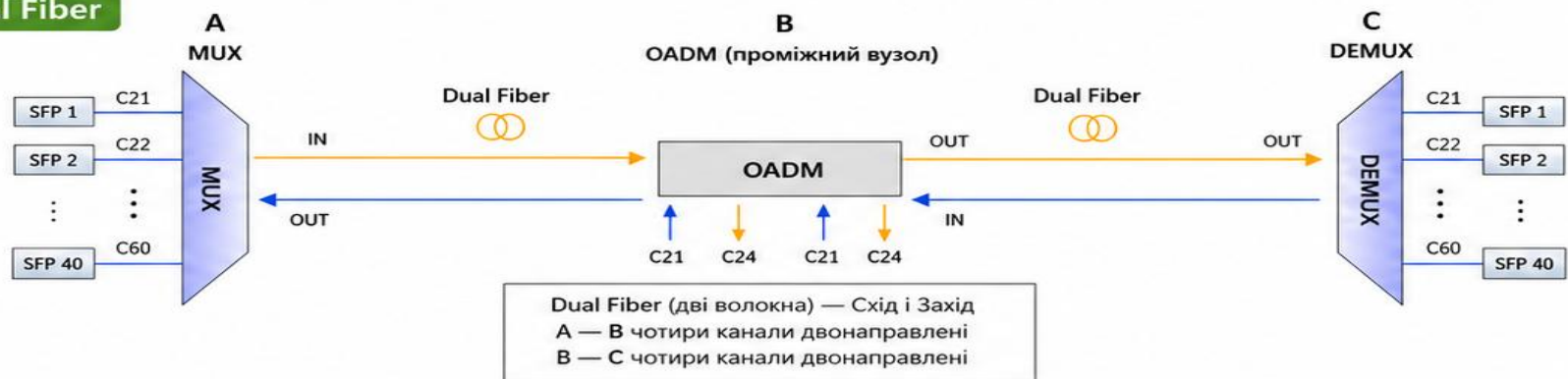
telecom

ITBIZ

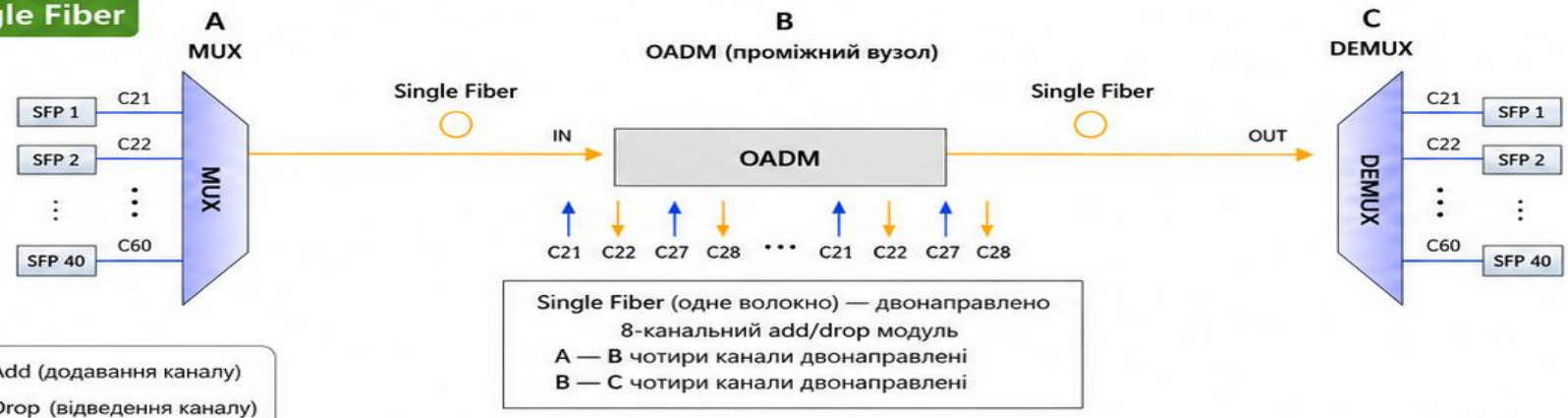


Типові конфігурації OADM

Dual Fiber



Single Fiber



✓ OADM дозволяє будувати проміжні вузли без повного OEO-перетворення

Приклади модулів OADM

LC-OADM-S02 	1–2 канали add/drop
LC-OADM-S08 	до 8 каналів add/drop
LC-OADM-S44 	single fiber, до 8 каналів add/drop
LC-OADM-D40 	dual fiber, до 4 каналів add/drop, 40-канальна магістраль
LC-OADM-D08 	dual fiber, до 8 каналів add/drop

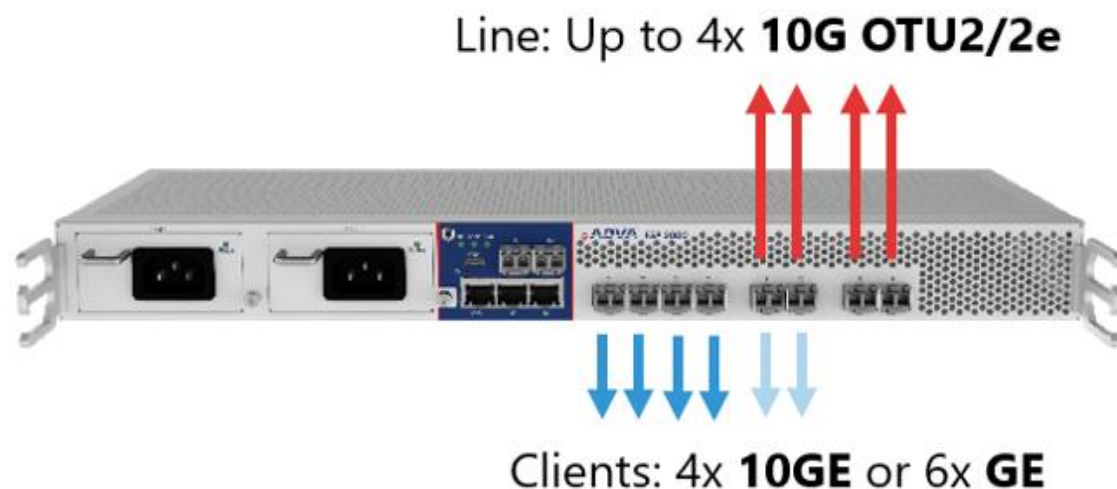
4. Product reference picture



5. Product Specifications

Number of channels	2, 4, 6, 8 optional
Attenuation range	0 ~ -35dB
Accuracy	$\leq \pm 0.3\text{dB}$
Working wavelength	1270~1610nm
Calibration wavelength	1310nm, 1550nm
Resolution	Continuous
Insertion loss	≤ 1.2
Polarization dependent loss	$\leq 0.1@ 0\text{dB}$, $\leq 0.5 @ 20\text{dB}$
wavelength dependent loss	$\leq 0.3@ 0\text{dB}$, $\leq 1.5 @ 20\text{dB}$
Temperature dependent losses (compared to room temperature)	$\leq 0.7@ 0\text{dB}$, $\leq 1.0 @ 20\text{dB}$
return loss	≥ 45
Working power	AC: 85 ~ 264V, 50 ~ 60Hz
Fiber Type	single mode fiber 9/125 μm or other
Optical connector	LC/PC optional

Engineered to meet carriers' access network demands



Fanless solution

Cooling through natural convection

ETSI Compliant

1RU solution with only 215mm depth

Extended temperature support

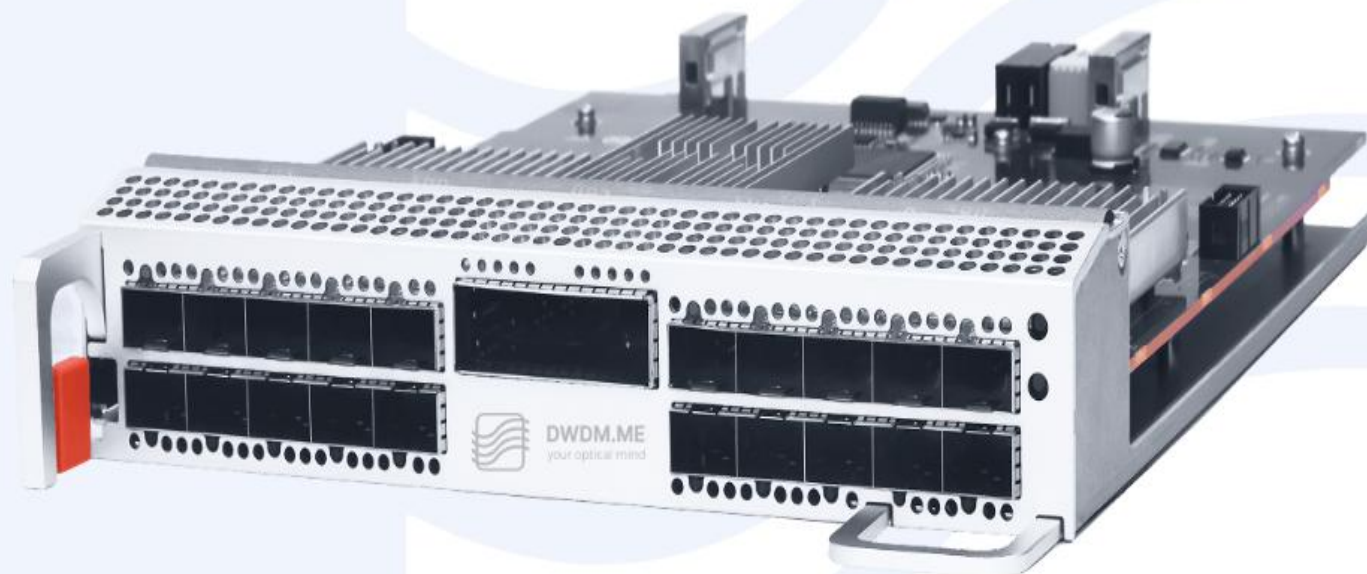
from -40 to +65°C

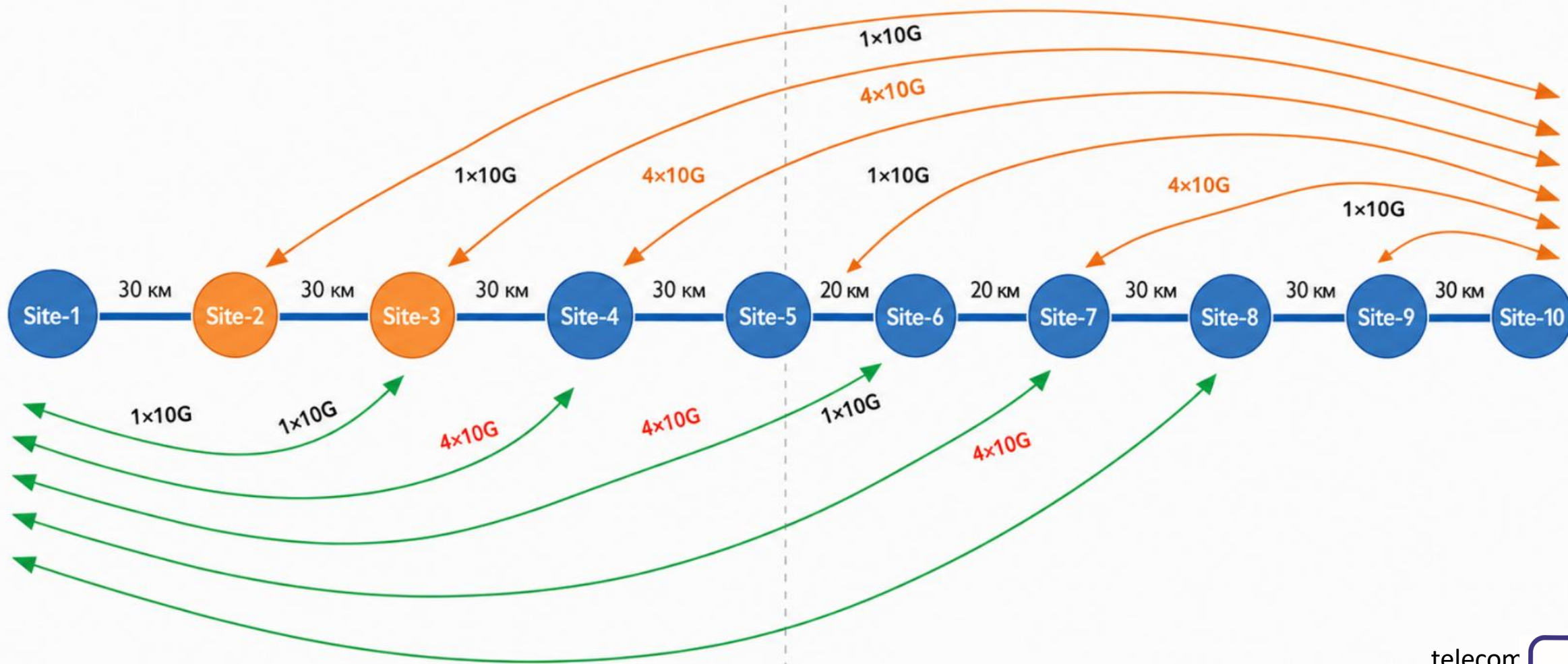
Versatile configuration options

Accepts services from 1G to 10G, 40Gbit/s capacity

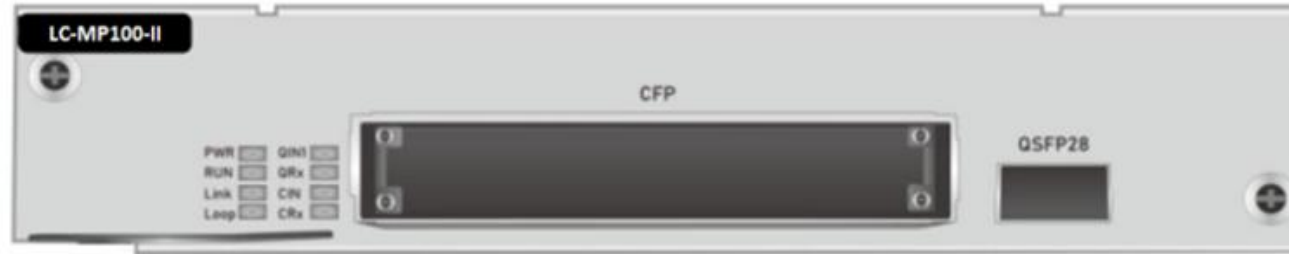
200G LCD-200S Muxponder service card

- Client side supports 20×10G interfaces
- Line side supports access to 1×200G interfaces
- 10G ports support standards and data rates: 10GE, OTU2, STM-64, 10GE WAN
- Provides OSNR monitoring and real-time web monitoring
- The card supports LLDP protocol, which improves visibility and manageability of network devices, facilitating better management and optimisation of optical network performance
- Power consumption is $\leq 80W$





100G QSFP28 to CFP Transponder (LC-MP100-II)



2xQSFP28 to CFP2 200G Muxponder (LC-MP200-II)



400G Muxponder 4x100G converge to 400G (LC-MP400-II)



400G Muxponder 4x100G converge to 400G

The 400G Muxponder Transmitter supports four QSFP28 client interface and one QSFP-DD line-side interface to support single-channel 400Gbps large-grain data transfers.



Function

- Media conversion
- Signal repeating
- Lambda conversion

Highlight

- Support single-channel 400G large data rate transmission
- Support port software and hardware loopback test
- Support DDM digital diagnosis, OSNR monitoring, real-time monitoring of bit error rate
- Support ALS function



Function

- Media conversion
- Signal repeating
- Lambda conversion

Highlight

- Support single channel 400Gbps
- Client Side: QSFP-DD 400G module (support DR4&ZR+)
- Line Side: CFP2 400Gbps coherent module
- Ultra-long-distance transmission: FEC technology can be used to achieve 1000km transmission without regeneration
- Large dispersion tolerance: 20000ps.nm
- Support port loopback test
- Support 80 channel wavelength tunable
- Support adjustable output power
- Support real-time monitoring of OSNR
- Support real-time monitoring of bit error rate
- Support ALS function

Performance Parameter

System Parameter		Technical Indicator
Center Wavelength		DWDM 1529.5~1565.50nm
Data Rate		400Gbps
400G Interface	Client Side	QSFP-DD 400G module
	Line Side	CFP2 400Gbps coherent module
FEC (gain, delay, BER threshold)	200G-QPSK, 20% SDFEC, 2x100G	Rx OSNR Tolerance: 13.8dB
	200G-16QAM-PS, 20% SDFEC, 2x100G	Rx OSNR Tolerance: 15.8dB
	400G-16QAM-PS, 20% SDFEC, 4x100G	Rx OSNR Tolerance: 21dB
NMS		TELNET, SNMP, WEB
Size		191 (W) x 253 (D) x 42 (H) mm
Environment	Operating Temperature	-10℃ ~ 60℃
	Storage Temperature	-40℃ ~ 80℃
	Relative Humidity	5% ~ 95% Non-condensing
Power Consumption		≤50W

Режими роботи 400G картки

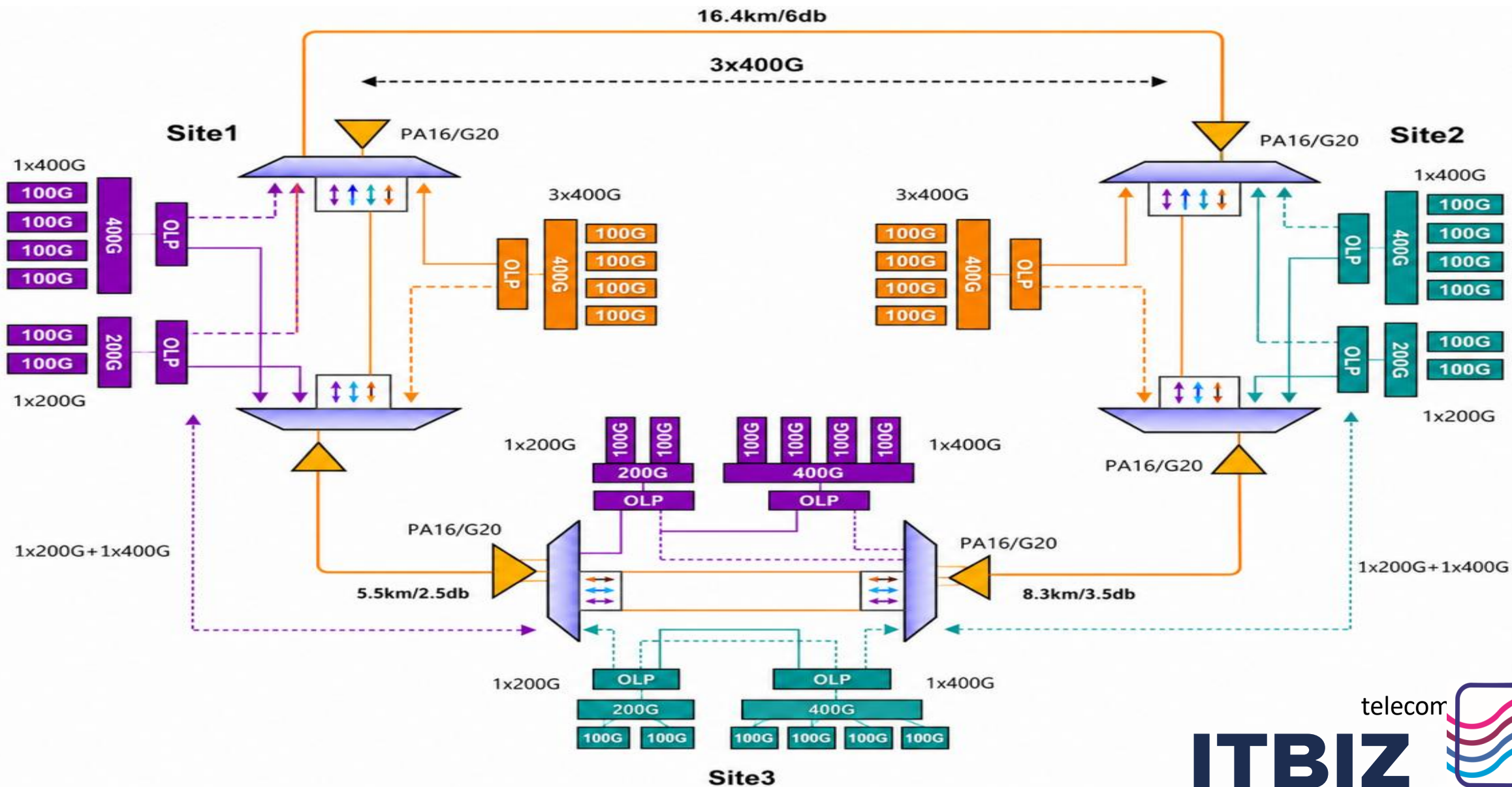
Швидкість, модуляція, частотна сітка та вимоги до лінії

Тип плати	Line Side Rate	Suggest Mode	Recommended min. channel spacing	RX Sensitivity	RX OSNR Sensitivity	CD Default search scope	BER threshold
400G картка	400G	0: 400G 400ZR-OFEC-16QAM-1-E (OpenZR+)	75Ghz	-12dBm	23.1	26ns/nm	2.00E-02
400G картка	300G	4: 300G 300ZR-OFEC-8QAM-1-E	75Ghz	-15dBm	19.5	50ns/nm	2.00E-02
400G картка	200G	8: 200G 200ZR-OFEC-QPSK-1-S (OpenZR+)	75Ghz	-18dBm	14.8	50ns/nm	2.00E-02
400G картка	200G	A: 200G 200ZR-OFEC-8QAM-1-E	50Ghz	-16dBm	17.2	50ns/nm	2.00E-02
400G картка	100G	C: 100G 100ZR-OFEC-QPSK-1-S (OpenZR+)	50Ghz	-20dBm	11.5	80ns/nm	2.00E-02

telecom

ITBIZ





OLP — оптичний захист лінії

Система Optical Line Protection (OLP) — це сучасна підсистема захисту оптичної лінії, побудована на основі динамічних і синхронних оптичних комутаторів. Якщо якість зв'язку погіршується або обладнання виходить з ладу внаслідок пошкодження волокна чи значного зростання втрат в оптичній лінії передачі, система OLP може за дуже короткий час переключити трафік з основної лінії на резервну. Це забезпечує безперервність роботи лінії зв'язку, ефективно запобігає аваріям через пошкодження волокна або обладнання та скорочує час відновлення з годин до мілісекунд.



Функції

- Автоматичне перемикання захисту оптичної лінії
- Моніторинг рівня потужності в реальному часі
- Підтримка автоматичного перемикання між основним і резервним маршрутами

Ключові особливості

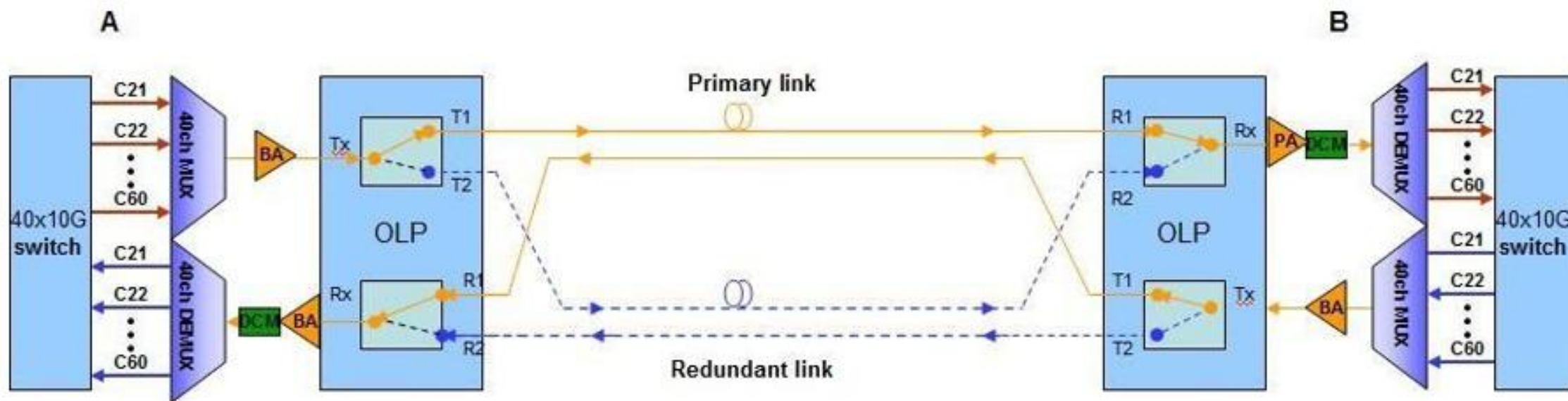
- Підтримка автоматичного перемикання між основним і резервним маршрутами
- Підтримка ручного та автоматичного режимів перемикання
- Малий час перемикання <30 мс
- Низькі внесені втрати: <5.5 дБ
- Підтримка автоматичного повернення на основну лінію
- Підтримка налаштування ручного та автоматичного режимів роботи
- Підтримка налаштування порогів спрацювання перемикання



Performance Parameter

Parameter		1:1	1+1	Unit
Operating Wavelength		1310±50nm, 1550±50nm		nm
Optical Power Range		+ 23 ~ -50		dBm
Accuracy of Optical Power		±0.25		dB
Detection Light Power Resolution		±0.01		dB
Return Loss		≥55		dB
Polarization Dependent Loss		≤0.05		dB
Wavelength Dependent Loss		≤0.1		dB
Insertion Loss		Tx≤1.2dB RX≤1.2dB	Tx≤4dB RX≤1.2dB	dB
Switch Speed		<30	<15	ms
Dimension		191 (W) x 253 (D) x 20 (H)		mm
Environment	Operating Temperature	-10℃ ~ +60℃		℃
	Storage Temperature	-40℃ ~ +85℃		℃
	Relative Humidity	5%~95% Non-condensing		
Power Consumption		≤5		W

DWDM+OLP optical line protection Case



Резервований дворежимний транспондер 10 Gbps репітер / конвертер / транспондер

Цей транспондер є 10G оптичним 3R конвертером, репітером і транспондером для з'єднань fiber-to-fiber. Підтримуються підключення SFP+ до SFP+ або XFP до XFP. Для лінійних портів підтримується автоматичне перемикання захисту оптичної лінії 1+1. Транспондер є протокольно прозорим і забезпечує функції 3R (підсилення, відновлення форми сигналу та відновлення тактування) між різними типами оптичних модулів.



Функції

- Медіаконвертація
- Повторення сигналу
- Перетворення довжини хвилі
- Підтримка захисту оптичного каналу 1+1

Ключові особливості

- 3R-регенерація сигналу
 - Повторна передача
 - Відновлення форми сигналу
 - Відновлення тактування
- Підтримка multi-rate від 1 Gbps до 10 Gbps
- Підтримка Loopback Test
- Підтримка ALS
- Гнучка передача різних протоколів
 - Fiber Channel 1/2/4/8/10 Gbps
 - CPRI: 2/3/4/5/6/7
 - 1G/10G Ethernet

Плата WSS — це реконфігурована оптична плата add-drop мультиплексування в системі DWDM. Її функція полягає у динамічному додаванні та виведенні службових довжин хвиль за допомогою віддаленої реконфігурації. У середині лінії можна довільно обирати та налаштовувати довжини хвиль для висхідних і низхідних сервісів відповідно до потреб, що забезпечує гнучке керування сервісами.



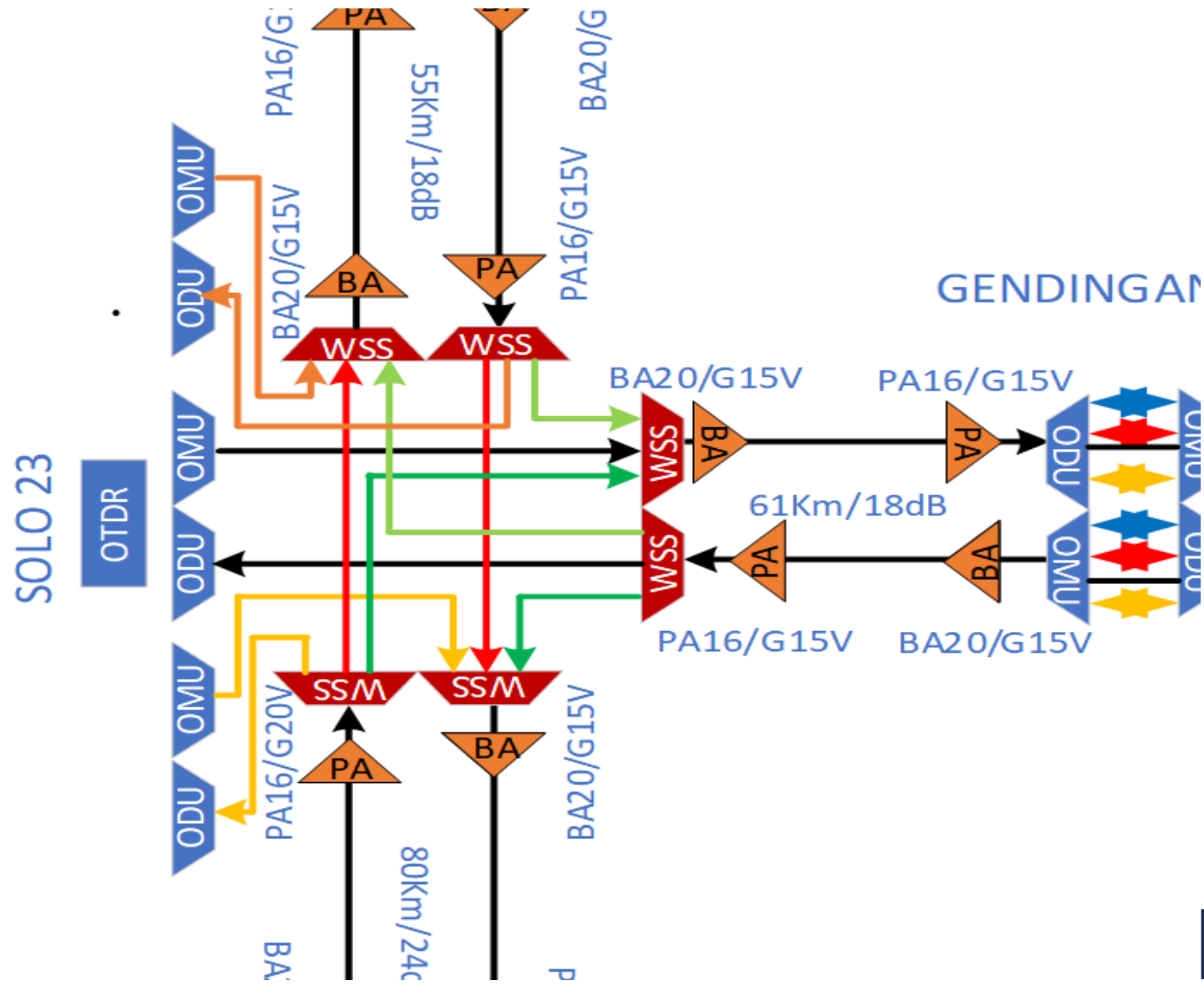
Огляд:

WSS ROADM суттєво підвищують пропускну здатність оптичної транспортної системи. Ці модулі забезпечують гнучку функціональність WSS (Wavelength Selective Switching), що дозволяє реалізовувати сучасні реконфігуровані оптичні мережеві застосування.

Фізичні характеристики:

- Створює можливість додавати або виводити будь-яку довжину хвилі з будь-якого порту, забезпечуючи максимальну гнучкість у розподілі довжин хвиль
- Динамічний вибір додавання/виведення довжин хвиль на кожному порту дає змогу змінювати топологію без переривання сервісів; дев'ять окремих add-drop портів підтримують багатовимірні вузли
- Вибір кроку каналів 50/100 ГГц
- Directionless і Colorless
- Гнучке керування з можливістю користувацького налаштування
- Вбудований високоточний VOA

Name		Parameter			Unit
Channel Wavelength		1528.773~1566.73			nm
Channel Spacing		50/100			Ghz
Channel spectrum width		N*12.5	4≤N≤12		Ghz
Channel Pass band		> 0.3			nm
Insertion Loss Flatness		< 0.5			dB
Insertion Loss	(Add1~9 to BA In)	6.3	7.5	8.1	dB
	(PA Out to Drop1~9)	6.3	7.5	8.1	dB
Channel Isolation	Adjacent	25			dB
	Non-adjacent	35			dB
Polarization Dependent Loss		<0.15			dB
VOA Dynamic Range		0~15dB			dB
VOA Setting Resolution		0.1			dB
VOA Setting Accuracy	@ 0 ~ 10 dB attenuation	±1			dB
	@ > 10 dB attenuation	±1.5			
Directivity		>50			dB
Return Loss		>45			dBm
Response Time	< 2dB step	< 1400			ms
	< 15dB step	< 2000			



Плата OTDR

Система моніторингу оптичного кабелю

Система моніторингу оптичного кабелю органічно поєднує функції моніторингу оптичного кабелю, сповіщень, аналізу несправностей, визначення місця пошкодження, управління аваріями, обслуговування лінії та управління мережею ліній з метою забезпечення безпечної та ефективної роботи оптичних мереж.

Система забезпечує цілодобовий автоматичний моніторинг оптичних кабелів та волокон і автоматичний захист від перенаправлення, своєчасне та точне сповіщення про раптові обриви волокна, що ефективно скорочує час усунення аварій, запобігає перебоям у зв'язку та забезпечує точне раннє попередження для реалізації проактивного обслуговування і усунення проблем на ранній стадії.



Основні характеристики

- ✓ Карта моніторингу рефлектометра оптичного часового домену (OTDR).
- ✓ Використовує 1/4 пропускної здатності каналу.
- ✓ Робоча довжина хвилі: 1625 нм $\pm$ 10 нм.
- ✓ Ширина імпульсу: 5 нс ~ 20 мкс.
- ✓ Підтримує моніторинг оптичного волокна у 8 напрямках.
- ✓ Підтримує онлайн-моніторинг у реальному часі.



Цілодобовий
моніторинг



Своєчасні та точні
сповіщення



Точне визначення
місця пошкодження



Зменшення часу
відновлення



Проактивне
обслуговування



Моніторинг ПМ DWDM та PON оптичних мереж

ALM / Fiber Assurance — проактивний контроль оптичного волокна 24/7



огляд

- Контроль активного, темного та PON-волокна
- Виявлення обриву, зростання затухання та спроб втручання
- In-service моніторинг без впливу на користувацький трафік
- Точне визначення місця події та скорочення MTTR
- Підтримка WEB GUI, GIS та систем сповіщення



КЛЮЧОВІ МОЖЛИВОСТІ



Довжина хвилі моніторингу: **1650 нм**



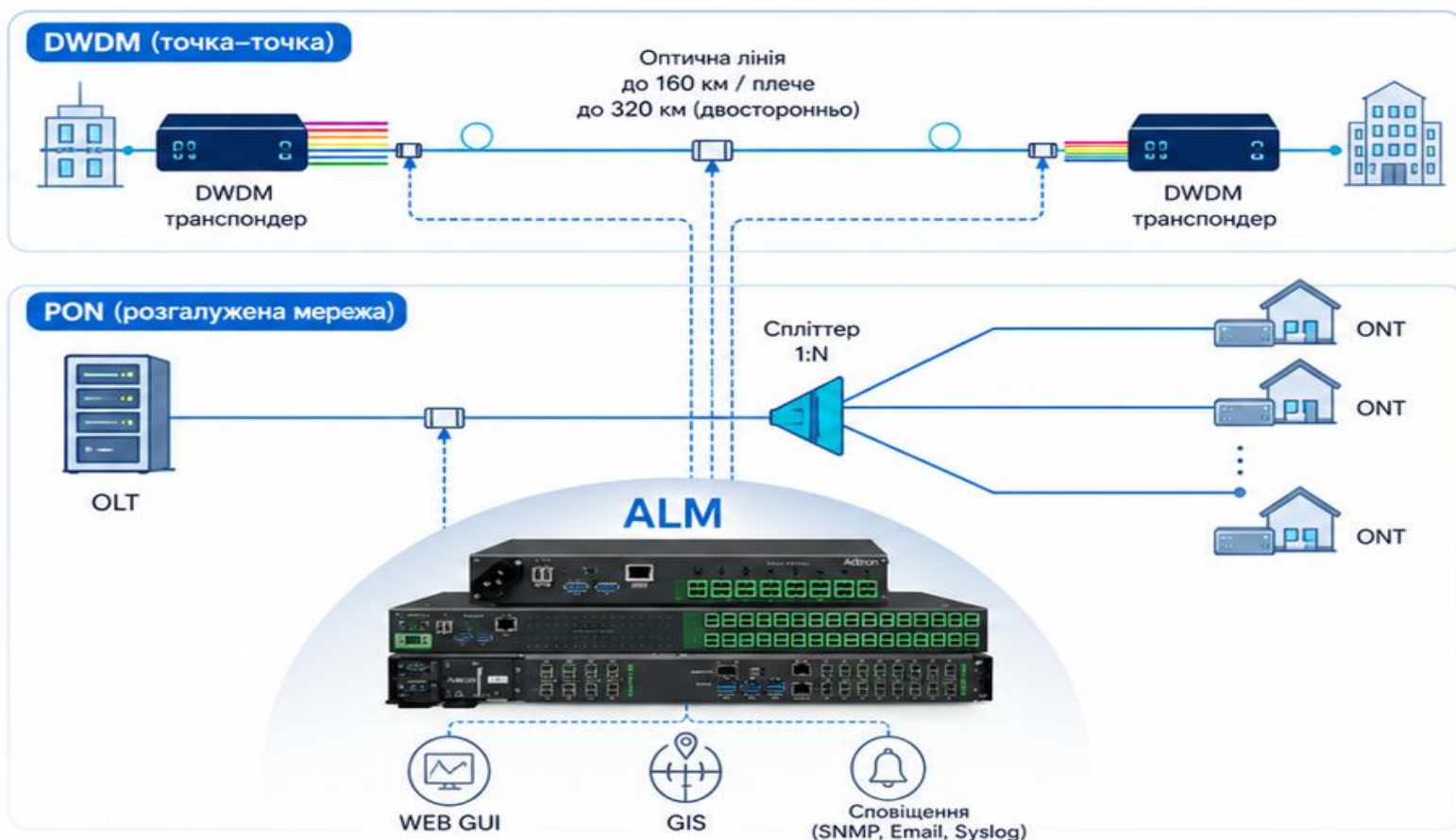
До **160 км** на одне плече /
до **320 км** при двосторонньому підключенні



Від **16** до **800** портів моніторингу



Контроль PON від OLT до ONT
без демаркаційних рефлекторів

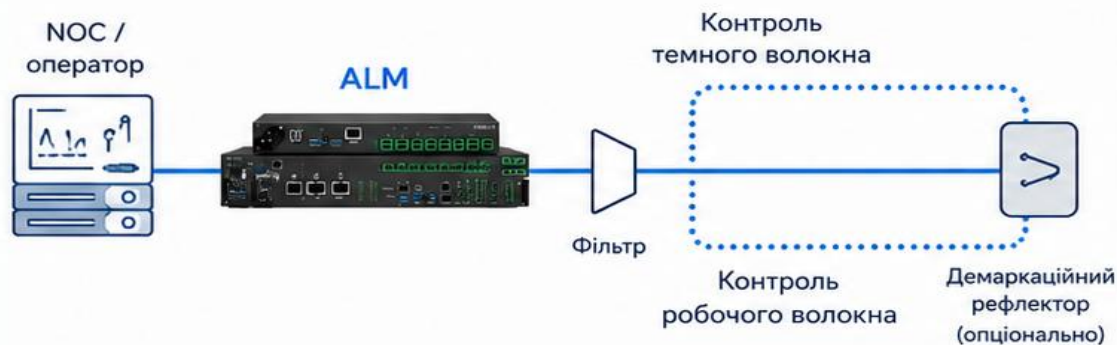


Окремий блок експлуатації: постійний контроль ПМ для DWDM, FTTx та PON мереж

Де застосовується ALM

Приклади моніторингу для лінійних DWDM/FTTx та PON мереж

Контроль лінійних DWDM / FTTx мереж



Проактивний контроль стану волокна

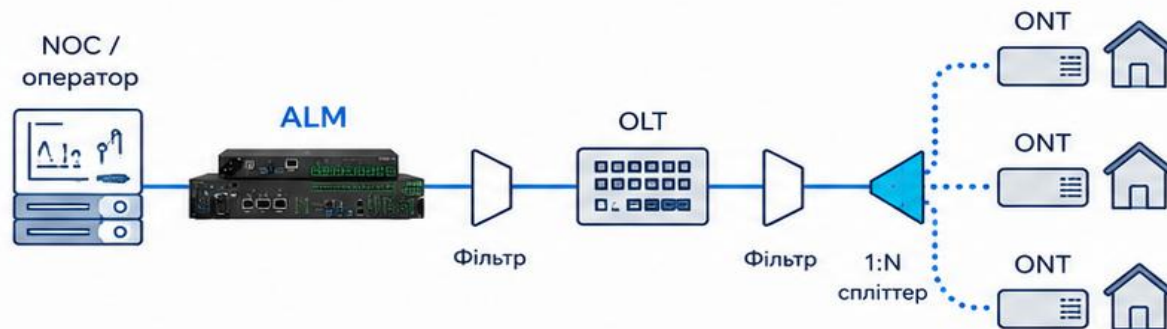


Підтримка лінійних і кільцевих топологій



Контроль темних і активних волокон незалежно від типу трафіка

Контроль PON-мереж



Контроль PON від OLT до ONT



Без демаркаційних рефлекторів



Сумісно з усіма поколіннями PON



Підходить для інвентаризації та експлуатації пасивної мережі



Один інструмент для DWDM, FTTx, dark fiber та PON

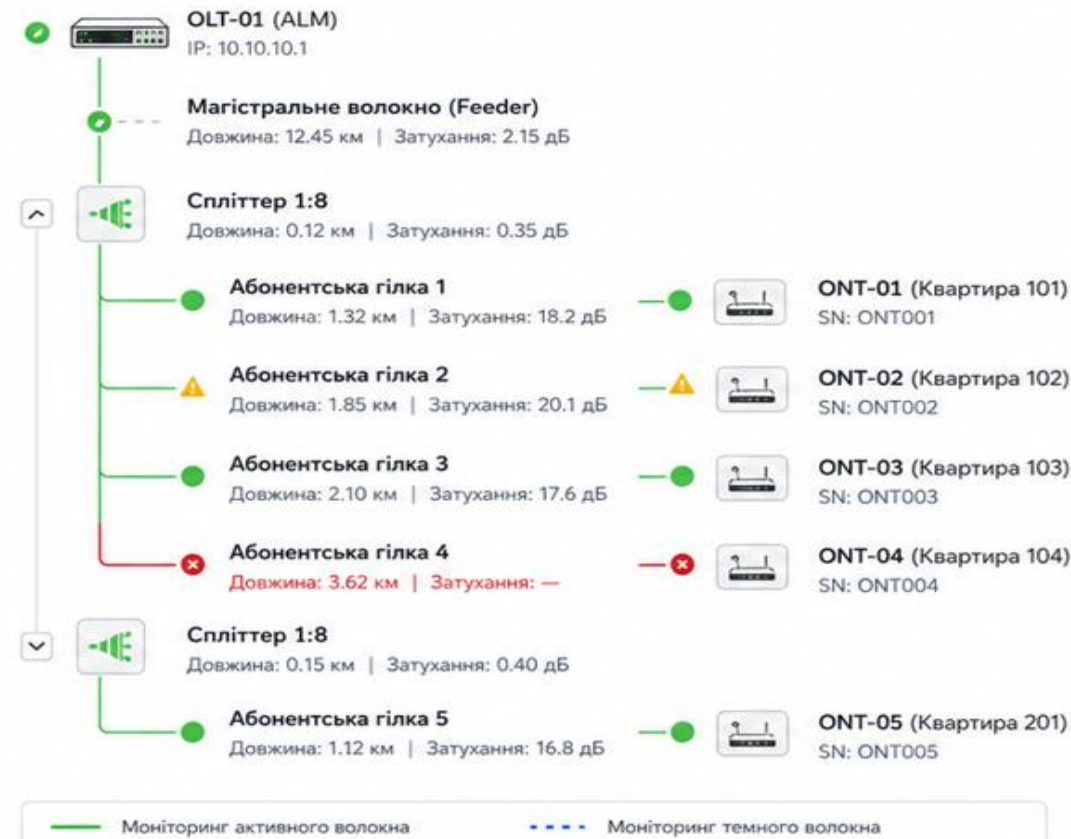
Дерево моніторингу PON / DWDM

● Норма ⚠ Підвищене затухання ● Обрив / Аварія ● Неактивно

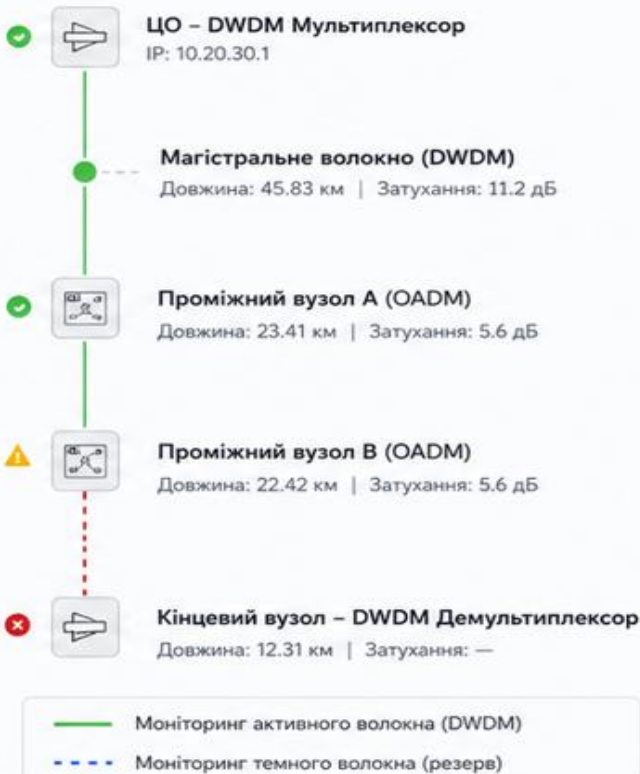
PON мережа

DWDM мережа

Центральний офіс / Вузол зв'язку



DWDM мережа (лінійний приклад)



Подія

Обрив волокна	
Абонентська гілка 4 → ONT-04	
Тип події	Обрив
Рівень	Критичний
Статус	Активна
Час події	22.05.2025 10:42:31
Виявлено	ALM-01
Довжина лінії	3.62 км



Деталі події

Запустити трасування

PON мережа

Всього OLT: 2 Спліттерів: 8 ONT: 64 ● Норма: 56 ⚠ Попередження: 5 ● Аварії: 3 ● Неактивно: 0

Оновлено: 22.05.2025 10:45:12 Оновити

- Огляд
- Карта мережі
- Пристрої
- Лінії та волокна
- Тривоги
- Події
- Вимірювання
- Звіти
- Конфігурація
- Система

Стан ліній

128

Всього

Нормально

102

Попередження

18

Аварія

8

Тривоги

5

Активні

Критичні

2

Важливі

3

Інформаційні

0

Пристрої

24

Онлайн

Онлайн

24

Офлайн

0

Рівень сигналу (середній)

-18.6

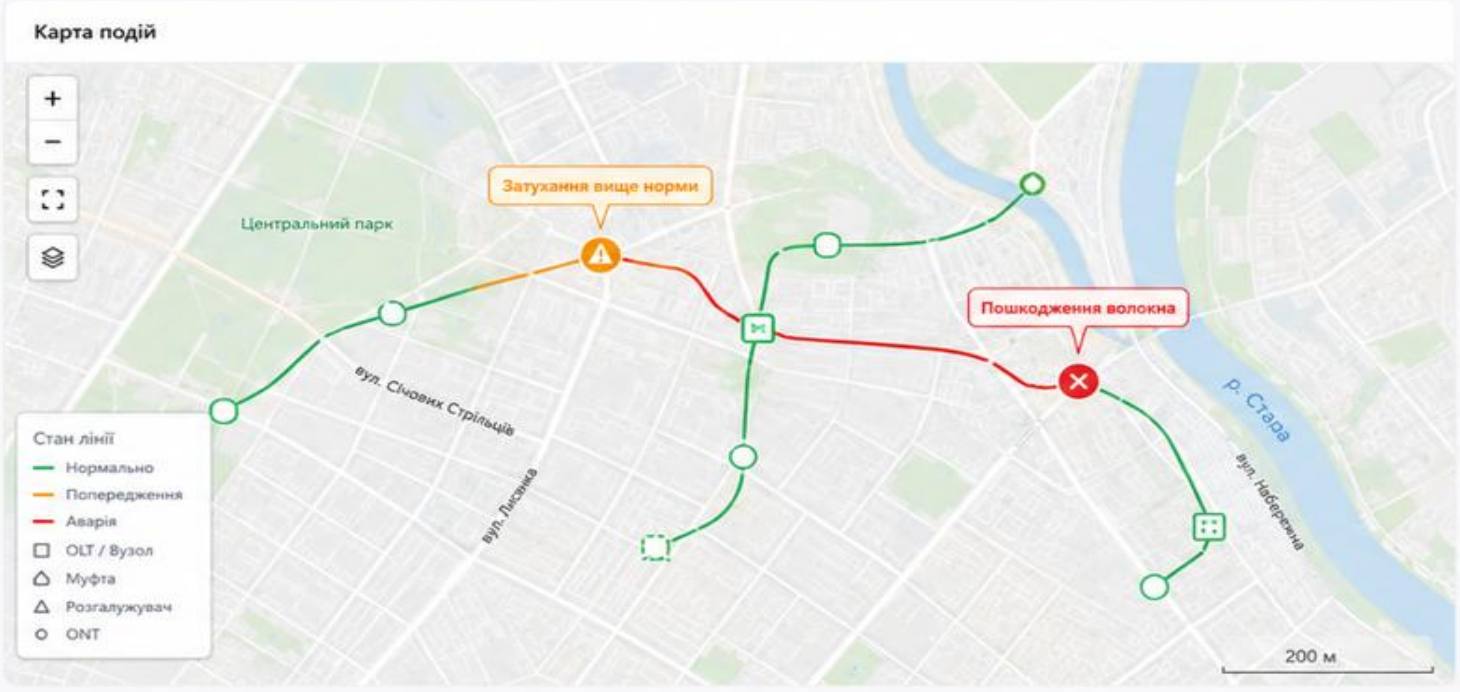
дБm

Мін.

-28.3 дБm

Макс.

-10.1 дБm



Деталі події

Аварія

Тип події

Локація події

Відстань від OLT

Час події

Пристрій

Волокно

Опис

Пошкодження волокна

вул. Набережна, 15

3.42 км

23.05.2025 10:24:31

ALM-64 (Вузол-07)

Port 12 → Splitter 1:4 → ONT-23

Високе затухання / втрата сигналу

Параметри лінії

Рівень сигналу (RX)

Затухання

Повертані втрати

Запас по потужності

Статус лінії

-28.7 дБm

21.3 дБ

-46.2 дБ

3.1 дБ

Аварія

Останні події

Переглянути всі

10:24:31

10:21:08

10:18:42

10:15:11

10:12:09

Пошкодження волокна

Затухання вище норми

Відновлення зв'язку

Втрачено ONT

Параметри в нормі

вул. Набережна, 15

вул. Лисенка, 8

Вузол-03

ONT-18

Вузол-02

Використання потужності (PON)

62%

Середнє: -18.6 дБm

Порогове значення: -27 дБm

Топ N ліній за затуханням

1. Port 12 → Splitter 1:4 → ONT-23

2. Port 08 → Splitter 1:8 → ONT-11

3. Port 16 → Splitter 1:16 → ONT-45

21.3 дБ

18.7 дБ

16.2 дБ

Розподіл станів ліній

Нормально

Попередження

Аварія

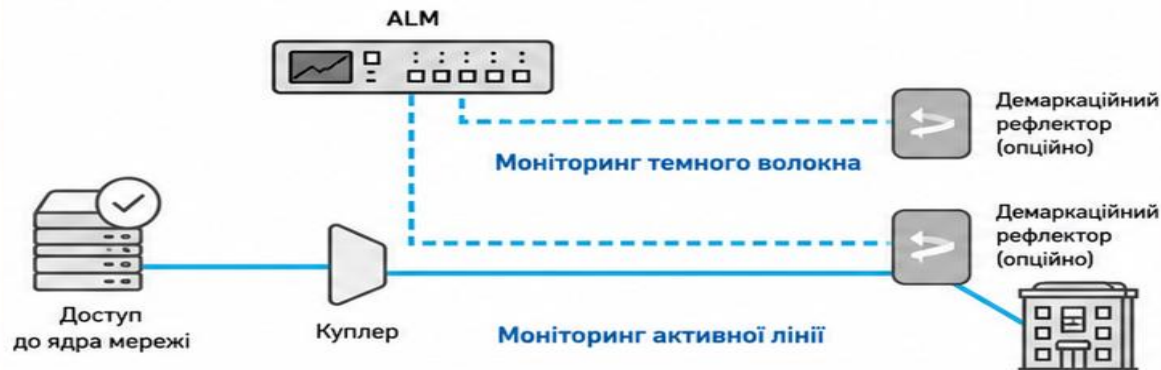
102 (79.7%)

18 (14.1%)

8 (6.2%)

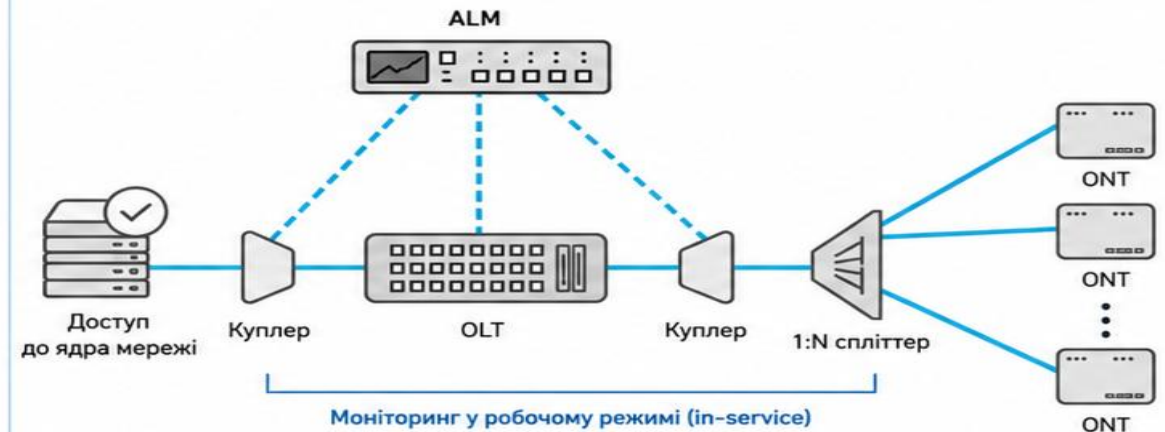
ALM / OTDR моніторинг оптичних мереж

Моніторинг point-to-point мережі



- Проактивний моніторинг волокна та довгострокове вимірювання параметрів пасивної інфраструктури
- Підтримка різних point-to-point топологій, включно з кільцевими архітектурами
- Моніторинг темного та активного волокна незалежно від сервісного трафіку
- Пасивна демаркація підвищує швидкість і точність моніторингу
- Можливість віддаленого підключення пасивних датчиків для неелектрифікованих вузлів

Моніторинг PON мережі доступу



- Проактивний моніторинг волокна та довгострокове вимірювання параметрів пасивної мережі
- Моніторинг PON-мережі від OLT до ONT без необхідності встановлення пасивних демаркаційних рефлекторів
- Сумісність із будь-яким стандартом PON та різними швидкостями передачі
- Підтримка сервісів сертифікації волоконно-оптичної інфраструктури на етапі побудови мережі
- Повна видимість пасивних елементів мережі та волоконної лінії

Лінійка ALM та ключові характеристики

Платформа моніторингу для магістральних, міських та PON мереж



16ALM



- до 16 портів моніторингу
- 1RU
- AC/DC живлення
- пасивне охолодження



64ALM



- до 64 портів моніторингу
- 1RU
- AC/DC живлення
- пасивне охолодження



ALM-T



- до 48 портів моніторингу
- 1RU
- -40°C ... +65°C
- резервоване DCN підключення



Модулі розширення



96 портів

- LC/APC
- живлення від ALM



384 порти

- MPO
- живлення від ALM



Ключові параметри OTDR / ALM



1650 нм



5 нс – 20 мкс



до 160 км



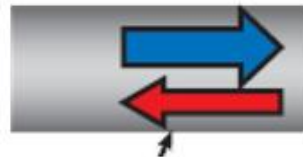
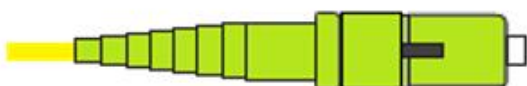
до 320 км при
двосторонньому підключенні



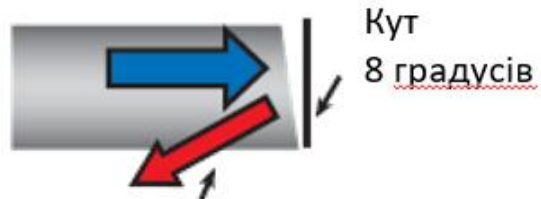
від 16 до 800 портів



In-service моніторинг без впливу на сервісний трафік

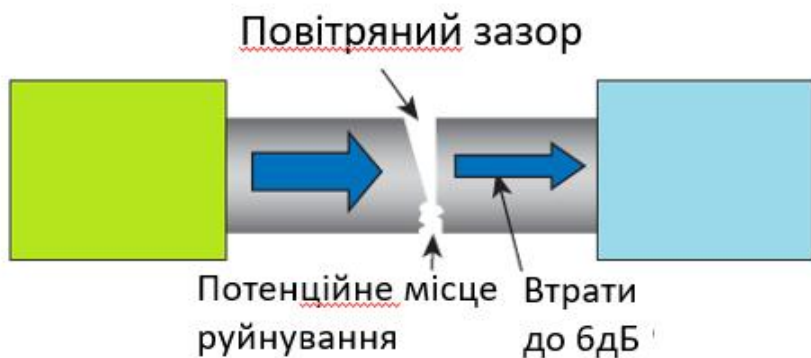


Відображений сигнал залишається у волокні

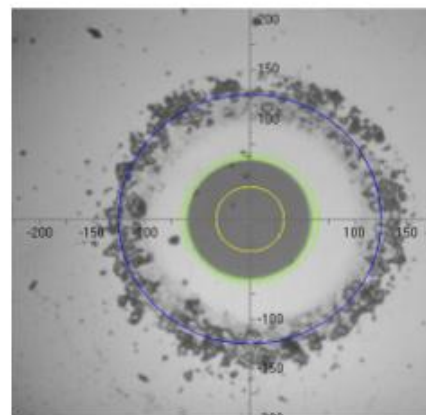


Кут
8 градусів

Відображений сигнал виходить із волокна



Неправильне з'єднання двох типів конекторів



Дякую за увагу

Мартинюк Сергій

sm@itbiz.com.ua

+380 67 242 10 54

<https://itbiz.ua/>

<https://dwdm.me/>