

POLITECHNIKA GDAŃSKA  
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki

**Katedra Sieci Teleinformacyjnych**

LABORATORIUM  
**Systemy Telekomunikacyjne**

Ćwiczenie 2

**System transmisji optycznej DWDM**

Opracowali:  
dr inż. Magdalena Młynarczuk  
dr inż. Maciej Sac

Gdańsk, Luty 2025

## 1. Cel ćwiczenia

Zapoznanie się z rozwiązaniem systemu transmisji optycznej DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*) firmy ADVA Optical Networking umożliwiającym udostępnianie usług wymagających dużych przepływności przy wykorzystaniu protokołów GMPLS (*Generalized Multiprotocol Label Switching*).

## 2. Zadania do wykonania

- 2.1. Zalogować się na urządzenia firmy ADVA Optical Networking wykorzystując interfejs WebGUI. Urządzenia mają przypisane następujące adresy.
  - 192.168.134.201,
  - 192.168.134.202,
  - 192.168.134.203,
  - 192.168.134.204.Na każde z urządzeń logujemy się podając odpowiednio  
login: **student**  
hasło: **DWDM.123**
- 2.2. Na podstawie informacji prezentowanych na WebGUI uzupełnić nazwy przyporządkowane poszczególnym urządzeniom firmy ADVA Optical Networking. Nazwy urządzenia to PG1, PG2, PG3, PG4.
- 2.3. Za pomocą interfejsu WebGUI sprawdzić i uzupełnić mapę połączeń zasobów transportowych na urządzeniu PG1 (por. rys. 4.6 - 4.8).
- 2.4. Za pomocą interfejsu WebGUI sprawdzić adresację łączy optycznych na urządzeniu PG1, PG2, PG3, PG4 (LIF-CP1, LIF-CP2). Przykład adresacji przedstawiono na rysunku 4.9.
- 2.5. Za pomocą interfejsu WebGUI sprawdzić i uzupełnić mapę połączeń zasobów transportowych na urządzeniu PG2 (por. rys. 4.6 - 4.8).
- 2.6. Za pomocą interfejsu WebGUI sprawdzić i uzupełnić mapę połączeń zasobów transportowych na urządzeniu PG3 (por. rys. 4.6 - 4.8).
- 2.7. Jaką długość fali zarezerwowano dla serwisu roboczego SIST\_LAB2\_SERVICE? Identyfikację kanałów przeprowadzić tak jak pokazano na rys. 4.16 oraz rys. 4.17. Długość fali należy określić w oparciu o zalecenie: T-REC G.941 (<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.694.1-202010-I/en>).
- 2.8. Uzupełnić tabelę dotyczącą ogólnych parametrów serwisu LSP (por. rys. 4.15).
- 2.9. Na podstawie zebranych informacji podać odpowiedzi na pytania:
  1. Co to jest mapa połączeń zasobów transportowych?
  2. Co reprezentuje OL?
  3. W jakiej płaszczyźnie funkcjonalnej sieci występuje LIF-CP?
  4. Z jakim typem adresacji interfejsu mamy do czynienia na wszystkich urządzeniach firmy ADVA Optical Networking wykorzystywanych w laboratorium
  5. Jaki jest cel stosowania mapy połączeń zasobów transportowych?
  6. Jakie są typy serwisów transportowych?
  7. W jakiej płaszczyźnie odbywa się rezerwacja zasobów?

### **UWAGA !**

Proszę nie konfigurować serwisu. W wersji oprogramowania FSP 3000R7 serwis jest już **SKONFIGUROWANY**. Nazwa skonfigurowanego serwisu to SIST\_LAB2\_SERVICE.

## 3. Sprawozdanie

Wykonać sprawozdanie zgodnie z załączonym wzorcem, uzupełniając mapę połączeń i odpowiadając na pytania zamieszczone w p. 2.9.

## 4. Opis ćwiczenia

### 4.1. Systemy optyczne WDM

Rozwój usług telekomunikacyjnych w kierunkach takich jak pasmo na żądanie BoD (*Bandwidth on Demand*), wideokonferencje, multimedialne aplikacje wiąże się z zapotrzebowaniem na coraz większe przepływności. Potrzeby wynikające z trendów rozwojowych wymusiły wprowadzenie sieci transmisyjnych, które będą w stanie obsłużyć ruch generowany przez użytkowników o wymaganej przepływności i dowolnego formatu. Możliwości takie dają systemy optyczne ze zwielokrotnieniem falowym WDM (*Wavelength Division Multiplexing*), DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*). Zastosowanie tego rodzaju zwielokrotnienia umożliwia przesyłanie w pojedynczym włóknie światłowodowym od kilkunastu do kilkuset kanałów falowych, a więc uzyskać przy obecnym stanie techniki transmisyjnej przepływności rzędu Tb/s.

Konsekwencją poziomu zróżnicowania współczesnych sieci transportowych, które oparto o różne technologie transportowe takie jak WDM, DWDM, SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*), Ethernet, IP, przy zauważalnym wzroście zapotrzebowania ze strony klientów sieci są problemy ze skalowalnością oraz zarządzaniem wielowarstwowymi sieciami. Stąd, głównym celem producentów urządzeń sieciowych stało się dostarczenie operatorom funkcjonalności umożliwiających optymalne i nieskomplikowane zarządzanie zasobami urządzeń działających w różnych warstwach sieciowych. Możliwości takie oferuje wykorzystanie koncepcji uogólnionej komutacji etykietowej GMPLS (*Generalized Multiprotocol Label Switching*) opracowanej przez IETF (*Internet Engineering Task Force*) [1].

Głównym założeniem sieci opartej o uogólnioną komutację etykietową GMPLS jest odseparowanie logiczne bądź fizyczne płaszczyzny danych (*data plane*) od płaszczyzny sterowania (*control plane*). W sieciach GMPLS pomiędzy urządzeniami składowymi tworzy się sieć sygnalizacyjną DCN (*Data Communications Network*) opartą o protokół IP, która jest fizycznie bądź logicznie odseparowana od płaszczyzny danych. Jeśli dane sterujące są przesyłane w tym samym medium, a separacja jest logiczna to sposób ten określany jest jako sygnalizacja w paśmie (*in-band*). Innym podejściem jest przesyłanie danych sterujących niezależnie od ruchu klienckiego np. za pomocą osobnego światłowodu, bądź na innej długości fali (sygnalizacja *out-of-band*), co umożliwia uzyskanie większych przepływności dla potrzeb komunikacji w płaszczyźnie sterowania i gwarantuje niezawodność sieci w przypadku uszkodzenia warstwy transportowej.

Najważniejszą częścią sieci opartej o architekturę GMPLS jest płaszczyzna sterowania, w której następuje wymiana informacji sterującej pomiędzy węzłami za pomocą sieci sygnalizacyjnej DCN. Przesyłane są w niej pakiety sterujące protokołu routingu, protokołu sygnalizacyjnego oraz protokołu zarządzającego łączem. Są one odpowiedzialne za automatyczne zestawianie, nadzór oraz usuwanie ścieżek LSP (*Label Switched Path*).

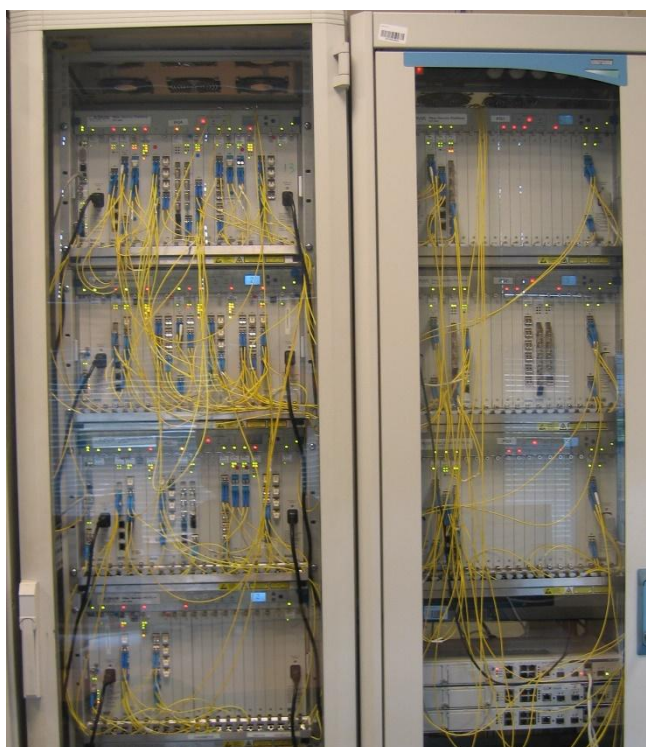
Koncepcja uogólnionej komutacji etykietowej GMPLS wspiera nie tylko przełączanie pakietów, ale także inne typy komutacji takie jak: przełączanie w warstwie drugiej (*Layer-2 Switching Capability*), przełączanie danych oparte o szczeliny czasowe TDM (*Time Division Multiplex Switching Capability*), przełączenie długości fali (*Lambda Switching Capability*) oraz przełączanie fizycznych światłowodów (*Fiber Switching Capability*) [1]. Z faktu przełączania na poziomie pakietów, szczelin czasowych, długości fal, włókien światłowodowych wynika możliwość tworzenia różnego typu ścieżek LSP (*Label Switched Path*), czyli pakietowych LSP, TDM LSP,  $\lambda$ LSP, światłowodowych LSP.

### 4.2. Platforma FSP 3000R7 firmy Adtran (ADVA Optical Networking)

Platforma FSP 3000R7 (*Fiber Service Platform 3000R7*) firmy Adtran (ADVA Optical

Networking) jest systemem WDM (Wavelength Division Multiplexing) zaprojektowanym do użytku w metropolitalnych sieciach dostępowych oraz w rdzeniowych sieciach dalekiego zasięgu (umożliwiających przesyłanie na jednej długości fali danych z przepływnościami większymi niż 10Gb/s na dystanse większe niż 1000km z zastosowaniem wzmacniaczy optycznych). Składa się z elementów funkcjonalnych pełniących rolę multiplekserów optycznych oraz elektrycznych (także typu add-drop), wspierając przy tym różne warianty topologii sieciowych, takich jak: dwu lub czteroświatłowodowe topologie punkt-punkt, dwuświatłowodowe topologie pierścieniowe oraz topologie siatki. Do transportu informacji w jednym światłowodzie wykorzystuje się maksymalnie 80 kanałów optycznych (zgodnie ze siatką opisaną w specyfikacji ITU-T G.694.1 [2]) w zależności od zastosowanej konfiguracji całego systemu. Platforma została zaprojektowana w taki sposób, aby wspierać różnorodne, popularne technologie sieciowe m. in. takie jak: SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*), SONET (*Synchronous Optical Networking*), jak i również Ethernet oraz FC (*Fibre Channel*). Platforma FSP 3000R7 dostarcza również mechanizmy wykrywania błędów transmisji w celu zapewnienia wysokiej niezawodności, wymaganej przez większość operatorów sieci metropolitalnych i firmowych. Umożliwia również monitorowanie stanu sieci oraz poszczególnych parametrów w jej węzłach (np. moc optyczna oraz przepływność transmisji). Tak wysoką elastyczność oraz różnorodność wspieranych funkcjonalności uzyskano dzięki zastosowaniu modularnej struktury całego systemu.

Centralną jednostką platformy FSP 3000R7 stanowi półka (shelf) SH7HU (rysunek 4.1 oraz rysunek 4.2), która montowana jest w standaryzowanej szafie telekomunikacyjnej typu rack.

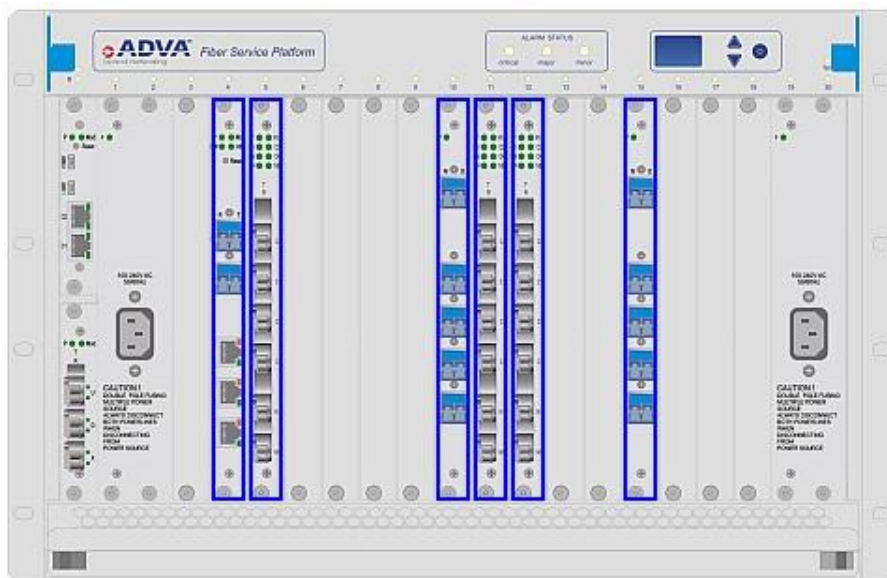


Rys. 4.1. Elementy sieci optycznej w laboratorium Katedry (sala 605). Stojaki systemu optycznego FSP 3000R7 z węzłami optycznymi.

Posiada ona 22 złącza, do których podłącza się moduły funkcjonalne firmy ADVA Optical Networking. Dzięki takiej budowie systemu uzyskuje się możliwość tworzenia dowolnej funkcjonalności węzła sieciowego.

Na podstawową konfigurację platformy FSP 3000R7 składają się: jednostka zasilająca PSU (Power Supply Unit), moduł sterujący shelfem SCU (Shelf Control Unit), moduł sterujący

węzła sieciowego NCU (Network Control Unit) oraz układ chłodzący wraz z filtrami powietrza. Wbudowana w jednostkę szyna sygnałowa (backplane) umożliwia wewnętrzną komunikację pomiędzy wszystkimi portami systemu. Aktualna konfiguracja platformy może być monitorowana oraz rekonfigurowana za pomocą dostarczonego oprogramowania zarządzającego np. z wykorzystaniem interfejsu WebGUI.



Rys. 4.2. Modułarna budowa urządzenie FSP 3000R7.

System optyczny WDM w laboratorium Katedry Sieci Teleinformatycznych Politechniki Gdańskiej wyposażony jest w pięć jednostek centralnych platformy FSP 3000R7, które zamontowano w szafie typu rack w sali 605. Jednostki centralne platformy FSP 3000R7 oprócz podstawowej konfiguracji wyposażone są w moduły funkcjonalne takie jak moduły 4TCA-PCN-4GU+4G, moduły OSFM, moduły 2OSCM-V#1630, moduły 4CSM-#Dxx-#Dyy, wzmacnicze EDFA, rekonfigurowalne multipleksery optyczne ROADM. Moduły te są fizycznymi kartami lub działają w trybie pre-provisioningu (ich działanie jest emulowane przez oprogramowanie). Węzły optyczne PG1, PG2, PG3 zawierają po jednej jednostce centralnej FSP 3000R7, z kolei węzeł PG4 składa się z dwóch jednostek centralnych FSP 3000R7 (por. rysunek 4.3).

**Moduł 4TCA-PCN-4GU+4G** pełni rolę modułu dostępowego TDM (*Time Division Multiplexing*) w optycznej sieci dostępowej. Posiada 4 złącza klienckie oznaczone jako C1, C2, C3, C4 oraz dwa złącza sieciowe oznaczone jako NE i NW (*Network East/West*). Umożliwia elektryczną multipleksację oraz demultipleksację do czterech kanałów ze złącz klienckich na jedną długość fali. Moduł 4TCA-PCN-4GU+4G oznaczono w sprawozdaniu jako moduł 4TCA4G.

**Moduł OSFM** (*Optical Supervisory Filter Module*), służy do wydzielania/dodawania kanału nadzorującego OSC (*Optical Supervisory Channel*) z/do światłowodu. Składa się on z zestawu filtrów wykonujących wydzielanie długości fali 1630 nm ze zbiorczego sygnału optycznego [3].

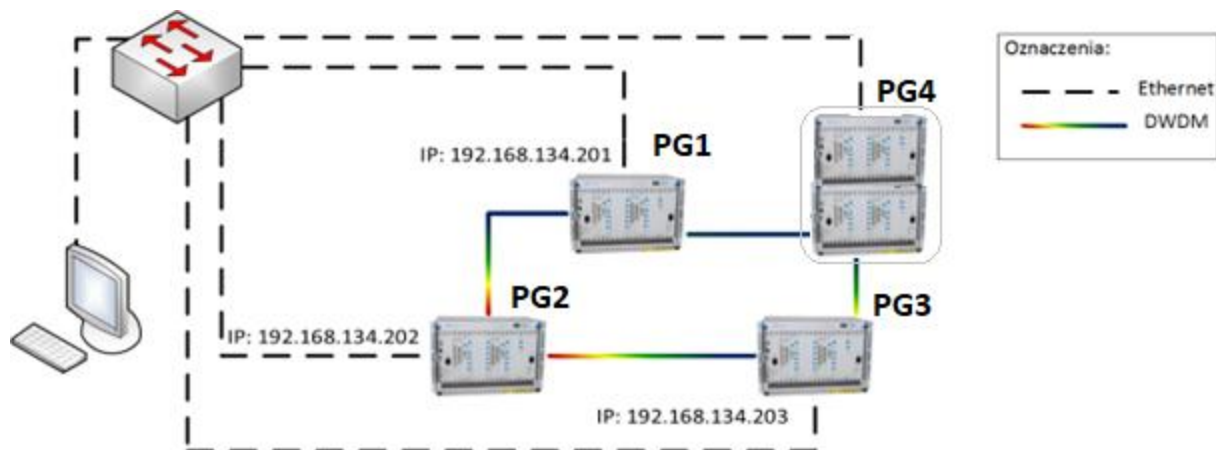
**Moduł 2OSCM-V#1630** (*Optical Supervisory Channel Module*) umożliwia utworzenie dwukierunkowego kanału sterującego OSC (*Optical Supervisory Channel*) pracującego poza pasmem transmisyjnym (out-of-band) na długości fali 1630 nm.

**Moduł 4CSM-#Dxx-#Dyy** (*4-port DWDM Channel Splitter Module - C band*) jest pasywnym modułem łączącym funkcjonalność rozgałęźnika oraz sumatora optycznego. Człon nazwy #Dxx-#Dyy odnosi się do grupy długości fali pasma C, które wspiera dany moduł np. 4CSM-#D01-#D04 umożliwia optyczną multipleksację/demultipleksację kanałów DWDM o

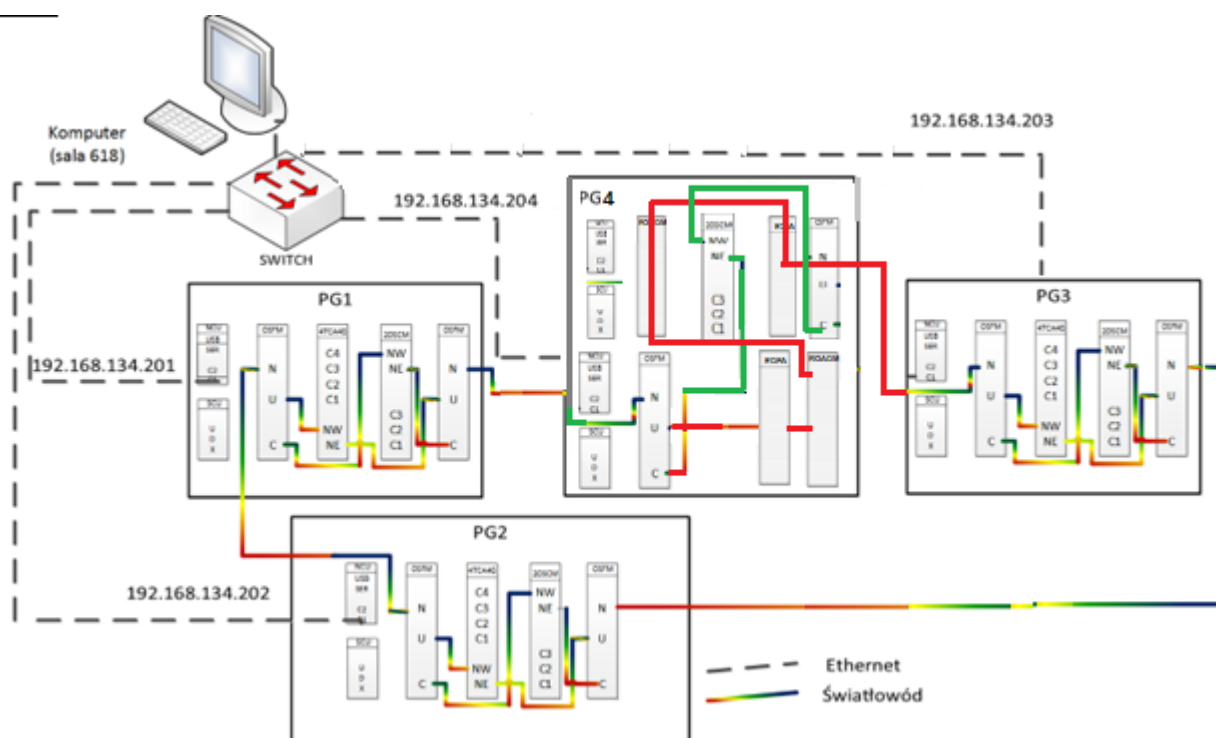
numerach D01, D02, D03 oraz D04. 4CSM jest dostępny w 8 wariantach, pokrywając w ten sposób 32 kanały optyczne w paśmie C z odstępem międzykanałowym 100 GHz zgodnie z siatką ITU-T G.694.1 [1]. Moduł 4CSM-#Dxx-#Dyy oznaczono w sprawozdaniu jako 4CSM.

Moduły EDFA oraz moduły ROADM są zainstalowane tylko w węźle optycznym PG4, który fizycznie składa się z dwóch shelfów (jednostek centralnych FSP 3000R7). Moduły **EDFA** (Erbium-Doped Fiber Amplifier) to wzmacniacze światłowodowe domieszkowane erbem umożliwiające wzmocnienie sygnału optycznego. Moduły **ROADM** (Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer) zawierają selektywne przełączniki długości fal WSS (Wavelength Selective Switch), dzięki temu w każdym węźle optycznym można kierować dowolną długość fali z dowolnego portu wejściowego do dowolnego portu wyjściowego.

Komunikacja z modułami FSP 3000R7 realizowana jest poprzez switch ze stanowiska Komputer w sali 618 (rysunek 4.3, rysunek 4.4).



Rys. 4.3. Schemat sieci laboratoryjnej (sala 605 i 618).



Rys. 4.4. Schemat sieci laboratoryjnej (połączenia pomiędzy modułami).



W obrębie shelfa oraz pomiędzy nimi moduły optyczne (4TCA-PCN-4GU+4G, OSFM, 2OSCM-V#1630 zostały połączone światłowodami tworząc sieć transportową w topologii pierścienia.

Zastosowanie modułów 2OSCM-V#1630 (oznaczonego na rysunku jako OSCM) oraz OSFM umożliwiło utworzenie sieci DCN pomiędzy węzłami sieciowymi za pomocą generowanej przez moduł 2OSCM-V#1630 długości fali 1630 nm, która w filtrze OSFM jest optycznie multipleksowana z falą 1310 nm, na której realizowana jest transmisja danych z modułów 4TCA-PCN-4GU+4G (oznaczonych na rysunku jako 4TCA4G).

#### 4.3. Mapa połączeń zasobów warstwy WDM na przykładzie urządzeń ADVA Optical Networking

Mapa połączeń zasobów (*fiber map*) informuje płaszczyznę sterowania (*control plane*) o tym, które zasoby z węzła zostały przydzielone na jej użytek oraz o sposobie ich połączenia. Po utworzeniu mapy połączeń, płaszczyzna sterowania może operować przydzielonymi zasobami na poziomie danego węzła. Jej ręczne tworzenie jest konieczne z dwóch powodów:

- niektóre z zasobów w danym węźle mogą być przydzielone do zarządzania innymi metodami niż poprzez płaszczyznę sterowania, tj. część z nich może być zarządzana ręcznie, bądź przez zewnętrzny system zarządzania NMS (*Network Management System*);
- aktywne moduły transportowe warstwy WDM (np. transponder) są w stanie wykryć jedynie poziom odbieranego sygnału, nie są świadome sieci połączeń, która umożliwia jego odbiór; pasywne moduły WDM (np. filtr optyczny) nie są w stanie nawet wykryć poziomu odbieranego sygnału.

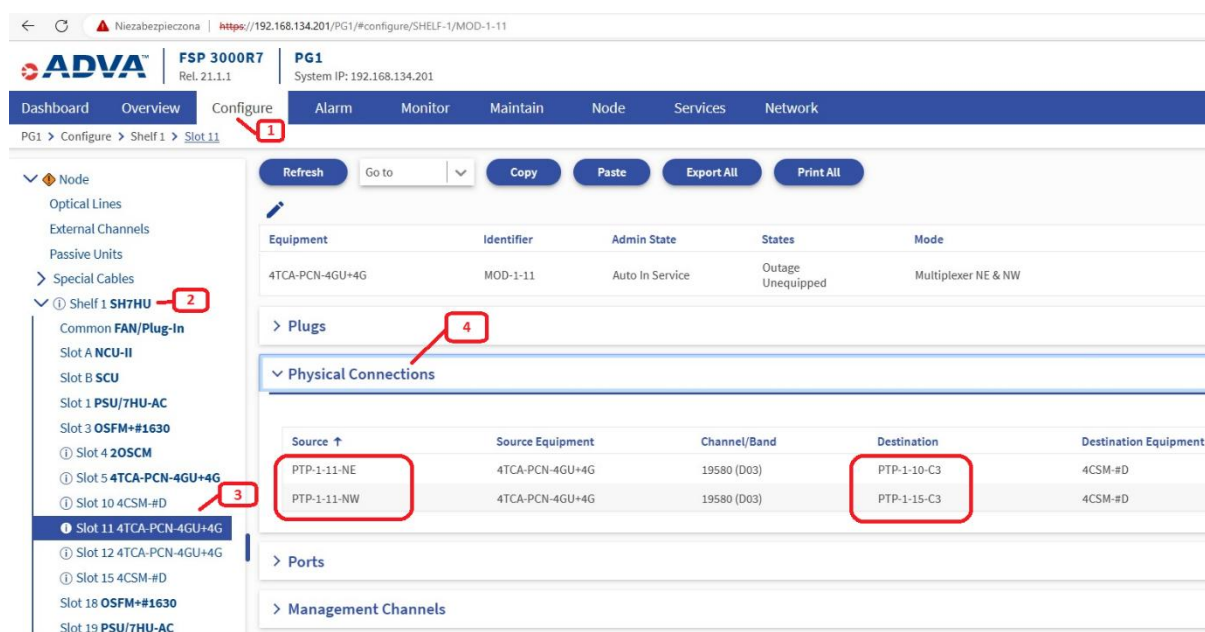
Mapa połączeń składa się z połączeń (*physical connection*) między modułami transportowymi w obrębie jednego węzła. Moduł to karta wkładana w jeden z 22 slotów półki (shelfa). Moduły komunikują się ze sobą poprzez połączenia światłowodowe „z przodu” shelfa - na frontplane węzła. Moduły adresowane są według następującego schematu: shelf-slot, np. MOD-1-5 (shelf 1, slot 5), MOD-2-10 (shelf 2, slot 10).

Utworzone połączenia dla mapy połączeń możemy przeglądać w trybie konfiguracji danego modułu. Wybierając odpowiednio zakładkę „Configure” → „Shelf 1 SH7HU” i odpowiedni slot możemy sprawdzić konfigurację danego modułu. Przykładowe konfiguracje dla MOD-1-5 oraz MOD-1-11 przedstawiono na rysunkach 4.5 oraz 4.6.

The screenshot shows the ADVA Optical Networking configuration interface. The top navigation bar includes 'Dashboard', 'Overview', 'Configure', 'Alarm', 'Monitor', 'Maintain', 'Node', 'Services', and 'Network'. The 'Configure' tab is selected. The sidebar on the left shows a tree view of the network hierarchy, with 'Shelf 1 SH7HU' selected. Under 'Shelf 1 SH7HU', 'Slot 5 4TCA-PCN-4GU+4G' is selected. The main content area displays the configuration for this module. It includes a table of physical connections with columns: Source, Source Equipment, Channel/Band, Destination, and Destination Equipment. The table shows two connections: PTP-1-5-NE to PTP-1-10-C1 and PTP-1-5-NW to PTP-1-15-C1. Red boxes highlight the 'Configure' tab, 'Shelf 1 SH7HU', 'Slot 5 4TCA-PCN-4GU+4G', 'Plugs', and the 'Physical Connections' table.

Rys. 4.5. Zakładka „Configure” – MOD 1-5, shelf 1 SH7HU, slot 5 4TCA-PCN-4GU+4G.

**PTP** (*Physical Termination Point*) to sposób na oznaczenie końca danego połączenia (physical connection). Adresacja PTP-1-11-NE oznacza port „East” modułu w slotie 11 shelfa 1.



Rys. 4.6. Zakładka „Configure” – MOD 1-11, shelf 1 SH7HU, slot 11 4TCA-PCN-4GU+4G.

Komunikacja między węzłami w laboratorium, fizycznie odbywa się w kanale komunikacyjnym OSC (*Optical Supervisory Channel* – OSC) wewnątrz światłowodu. Kanał ten budowany jest pomiędzy modułami OSCM (*OSC Module*) i przebiega w obrębie specjalnie wydzielonej długości fali – 1630nm. W wyniku multipleksacji wraz z kanałami transportowymi poprzez filtr OSFM (*Optical Supervisory Channel Filter Module*) powstaje zbiorcza wiązka światła, która jest wpuszczana w światłowód podpięty do innego węzła. Fala 1630nm znajduje się poza oknem DWDM, co umożliwia multipleksację z dowolnie wybranymi kanałami transportowymi z tego okna. Jest to rozwiązanie typu *out-of-band in-fiber* – oznacza to, że kanał sterujący jest fizycznie oddzielony od kanałów transportowych (inna długość fali), jednak przebiega w tym samym światłowodzie.

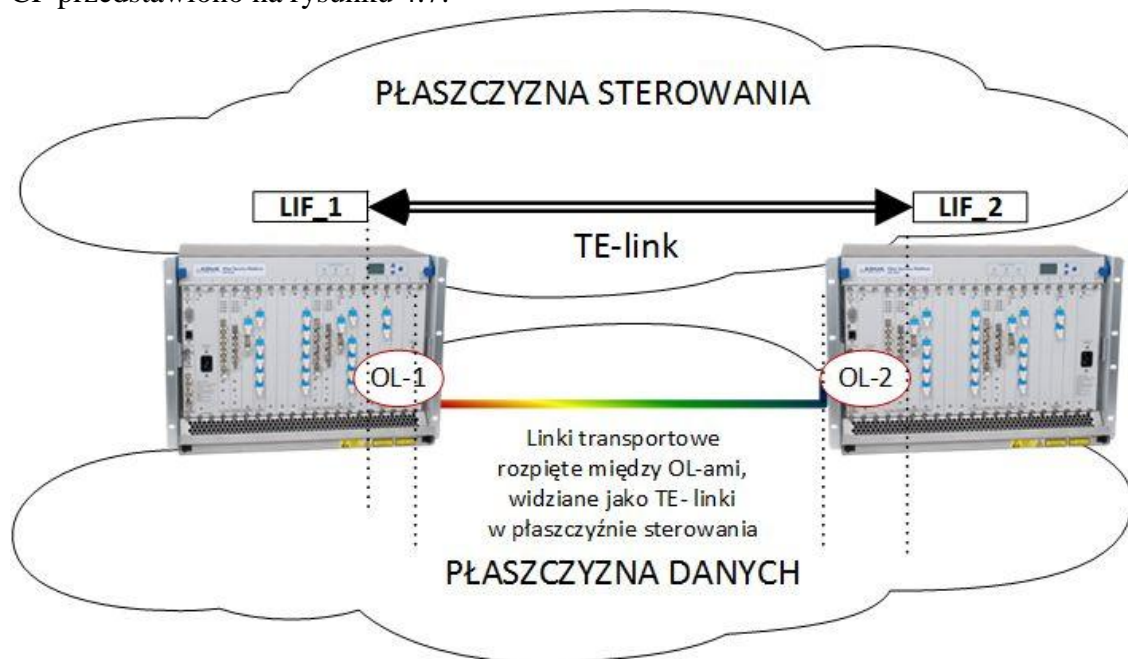
Jest to uzasadnione tym, iż w komercyjnych sieciach węzły znajdują się bardzo często w znacznej odległości od siebie i nie są połączone w inny sposób, a moduły transportowe bardzo często nie są w stanie analizować zawartości danych wewnątrz danej długości fali, dlatego też komunikacja in-band in-fiber jest niemożliwa. Kanał OSC stosowany jest często do monitorowania parametrów optycznych światłowodu, a możliwość użycia go do komunikacji w sieci DCN jest dodatkową zaletą.

Należy zauważyć, że każdy z węzłów ma przydzielony jedynie jeden adres IP w sieci DCN, dziedziczony po adresie systemowym IP. Adres ten jest używany także do komunikacji między węzłami w kanale OSC. Jest to możliwe dzięki temu, że moduł OSCM działa jak switch, tj. rozdziela domeny kolizyjne (per port) łącząc je w jedną domenę rozgłoszeniową. Rozwiązanie to jest proste konfiguracyjnie (ustawiany jest jedynie jeden adres IP), co znacząco zmniejsza prawdopodobieństwo błędu konfiguracji.

Sieć DCN stwarza podwaliny do wymiany informacji o podłączeniu zasobów transportowych. Aby przekazać tę informację, pomiędzy węzłami utworzono kanały sterujące (control channels), które są encjami płaszczyzny sterowania. Pojedynczy kanał sterujący rozpięty jest pomiędzy dwoma interfejsami logicznymi płaszczyzny sterowania (LIF-CP) różnych węzłów. Interfejsy te przypisane są do encji warstwy transportowej – czyli punktów



podpięcia światłowodu OL (*Optical Line*). Przykładową zależność pomiędzy OL-ami a LIF-CP przedstawiono na rysunku 4.7.



Rys. 4.7. Odzworowanie OL i LIF na urządzeniach FSP 3000R7.

Odwzorowanie pomiędzy OL-ami i ich połączenia z modułami możemy przeglądać w trybie konfiguracji wybierając odpowiednio zakładkę „Configure” → „Optical Lines” → „Physical Connections” tak jak to przedstawiono na rys. 4.8.

The screenshot shows the ADVA FSP 3000R7 configuration interface. The 'Configure' tab is selected, and the 'Optical Lines' section is expanded. The 'Physical Connections' table is visible, showing connections between PTPs and OLs.

Line	Identifier	Far End Location	Logical Interface	Span-Fiber Length [km]	Attenuation Tx Fiber [dB]
1	OL-1		LIF_CP-1	0	0.0
2	OL-2		LIF_CP-2	0	0.0
3	OL-3		LIF_CP-3	0	0.0
4	OL-4		LIF_CP-4	0	0.0
5	OL-5		LIF_CP-5	0	0.0
6	OL-6		LIF_CP-6	0	0.0
7	OL-7		NONE	0	0.0
8	OL-8		NONE	0	0.0

Source	Source Equipment	Channel/Band	Destination	Destination Equipment	Class	Connection
PTP-1	Optical Line	...	PTP-1-10-N	4CSM-#D	Standard	2WAY
PTP-2	Optical Line	...	PTP-1-15-N	4CSM-#D	Standard	2WAY
PTP-3	Optical Line	...	PTP-2-10-N	4CSM-#D	Standard	2WAY
PTP-4	Optical Line	...	PTP-2-15-N	4CSM-#D	Standard	2WAY

Rys. 4.8. Zakładka „Configure” z konfiguracją OLi.

Aby poprawnie zestawzić kanał sterujący pomiędzy dwoma węzłami, interfejsy logiczne LIF tych węzłów muszą zostać ze sobą skojarzone. Dzieje się to poprzez wymianę informacji pomiędzy węzłami poprzez rozszerzenia TE (Traffic Engineering) w protokole routingu OSPF (*Open Shortest Path First*).

Rozróżniamy dwa schematy adresacji interfejsów logicznych CP (*control plane*):

- **unnumbered**: interfejsy logiczne, które nie posiadają adresu IP, ich identyfikatorem są 64 bity: 32 bity ID węzła oraz nr OLa zapisany na 32 bitach. Interfejs sąsiada kojarzony jest przez podanie ID węzła sąsiada oraz nr OLa sąsiada. Interfejsy unnumbered same nie są w stanie wysyłać żadnych informacji, dlatego też muszą zostać skojarzone przez inny interfejs z

włączoną funkcjonalnością OSPF. Brak konieczności nadawania adresu IP sprawia, że interfejsy te mogą być w pewnych przypadkach tworzone automatycznie, co eliminuje do pewnego stopnia błędy konfiguracyjne.

- **numbered**: interfejsy logiczne identyfikowane jednoznacznie przez adres IP. Interfejsy te mają możliwość nadawania pakietów OSPF, tj. możliwe jest odkrywanie sąsiedniego interfejsu przez sam interfejs. Dla interfejsów numbered konfigurowana jest maska, która razem z adresem IP wyznacza przynależność do danej podsieci. Interfejsy przynależące do tej samej podsieci uznawane są za sąsiadujące.

Połączenie w warstwie transportowej pomiędzy węzłami widziane jest przez płaszczyznę sterowania jako **TE-link**. W płaszczyźnie transportowej TE-link rozpięty jest pomiędzy końcówkami skojarzonymi z OL-ami (Optical Line), natomiast w płaszczyźnie sterującej jego końcówki skojarzone są z interfejsami logicznymi LIF (por. rysunek 4.7).

Przykładową konfigurację interfejsów logicznych na urządzeniu PG2 (z poziomu WebGUI) przedstawiono na rysunku 4.9.

AWA™ | FSP 3000R7 | PG2  
Rel. 21.1.1 | System IP: 192.168.134.202

Dashboard Overview **Configure** Alarm Monitor Maintain Node Services

PG2 > Overview > Control Plane > Logical Interfaces CP

Inventory  
Physical Connections  
ROADM Connections  
✓ Control Plane  
    General  
    > TE Information  
    **Logical Interfaces CP**  
    Port Bindings Table  
    TNA Mappings Table  
    > CP WDM

### Logical Interfaces

AID	Network	IP conf type	DCN-AID	TRANSPORT
<a href="#">LIF_CP-1</a>	10.1.1.21/26	Numbered	SC-1-A-C1	OL-1
<a href="#">LIF_CP-2</a>	10.2.1.23/26	Numbered	SC-1-A-C2	OL-2
<a href="#">LIF_CP-3</a>	10.3.3.21/26	Numbered	SC-1-A-C1	OL-3
<a href="#">LIF_CP-4</a>	10.4.3.23/26	Numbered	SC-1-A-C2	OL-4
<a href="#">LIF_CP-5</a>	10.5.5.21/26	Numbered	SC-1-A-C1	OL-5
<a href="#">LIF_CP-6</a>	10.6.5.23/26	Numbered	SC-1-A-C2	OL-6

Rys. 4.9. Przykładowa konfiguracja interfejsów logicznych na urządzeniu PG2.

Widok konfiguracji interfejsów logicznych dostępny jest po wybraniu zakładki „Overview” → „Control Plane”, a następnie wybór zakładki „Logical Interfaces CP”.

#### 4.4. Serwisy LSP

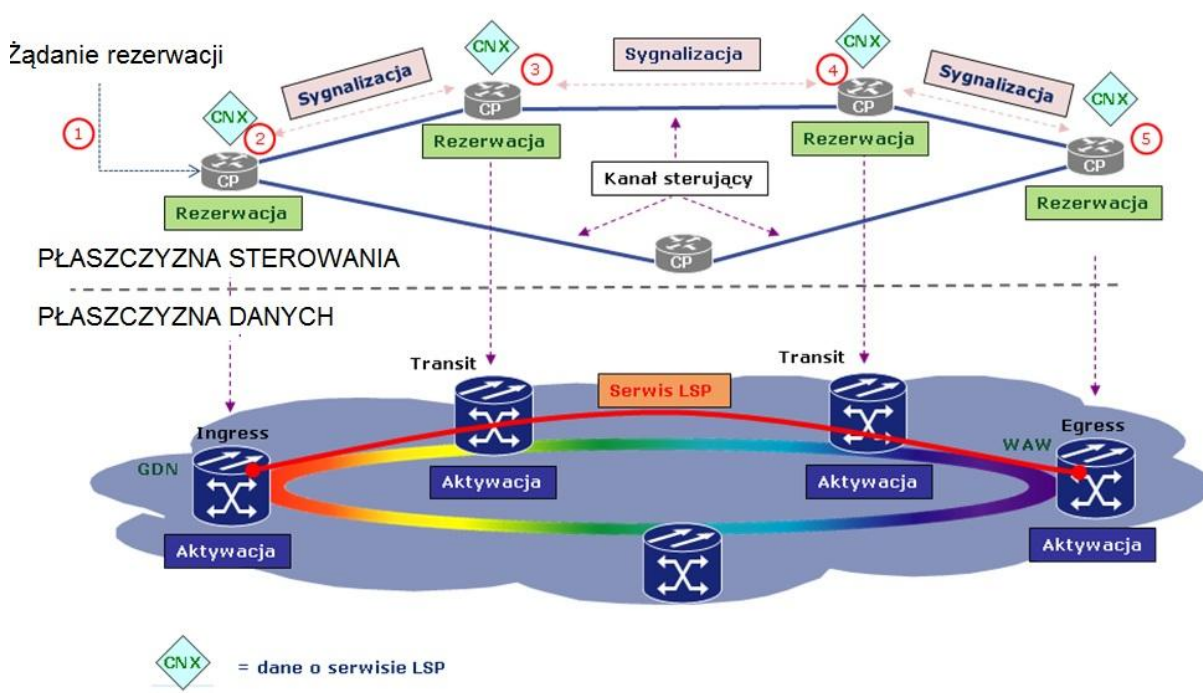
Transfer danych pomiędzy wybranymi węzłami w sieciach optycznych odbywa się w obrębie serwisów transportowych LSP. Serwisy te są sekwencją odpowiednio skonfigurowanych i połączonych zasobów transportowych. Serwisy transportowe mogą być tworzone z różnym stopniem dynamizmu, tj. w sposób:

- **statyczny**: poprzez ręczną konfigurację wszystkich zasobów transportowych przynależących do serwisu. Taki sposób tworzenia serwisów zapewnia pełną kontrolę nad zasobami transportowymi, natomiast w większych sieciach transportowych znacząco zwiększa koszty operacyjne zarówno tworzenia jak i utrzymania serwisów;
- **półautomatyczny**: poprzez oddelegowanie części odpowiedzialności za tworzenie serwisu do płaszczyzny sterowania (lub centralnego systemu zarządzania - NMS (Network Management System)); tematyka ta nie jest omawiana w ramach ćwiczenia laboratoryjnego. W tym przypadku wyspecyfikowanie wszystkich zasobów transportowych należących do serwisu transportowego realizowane jest przez operatora, natomiast konfiguracja serwisu oraz późniejsze utrzymanie przez płaszczyznę sterowania;

- **automatyczny**: poprzez oddelegowanie całości odpowiedzialności za tworzenie i utrzymanie serwisu do płaszczyzny sterowania – operator specyfikuje jedynie część zasobów należących do serwisu (zazwyczaj wyłącznie zasoby brzegowe serwisu). Płaszczyzna sterowania sama wybiera resztę zasobów transportowych oraz następnie konfiguruje je tak, aby transmisja była możliwa. Rozwiązanie to jest najbardziej skalowalne i umożliwia zastosowanie zaawansowanych metod ochrony serwisów podczas awarii.

W interfejsie WebGUI urządzeń FSP 3000R7 serwis LSP w warstwie WDM oznaczany jest jako **Tunnel WDM**.

W związku z tym, że serwisy LSP używają zasobów na wielu węzłach, utworzenie serwisu LSP poprzedzone jest rezerwacją zasobów na każdym z nich. W tym celu węzły wchodzące w skład serwisu LSP wymieniają pomiędzy sobą wiadomości w obrębie kanałów sterujących (*control channel*), które są rozpięte pomiędzy LIF\_CP sąsiadujących węzłów. Wiadomości sygnalizacyjne wymieniane są jedynie pomiędzy sąsiadującymi węzłami i przekazywane od węzła źródłowego (**Ingress**) w kierunku węzła docelowego (**Egress**) na zasadzie hop-by-hop. Jeżeli serwis przebiega przez większą liczbę węzłów, możemy także wyróżnić węzły pośrednie (**Transit**) (patrz rysunek 4.10). Węzły otrzymujące wiadomość sygnalizacyjną zapisują dane o serwisie, rezerwują wyspecyfikowane zasoby, następnie uaktualniają treść wiadomości i przekazują ją do kolejnego węzła. Po zakończeniu procesu rezerwacji następuje aktywacja zasobów optycznych (gotowość do nadawania/odbioru), a w kolejnym etapie po wyrównaniu poziomów mocy modułów aktywnych możliwa jest transmisja danych.. Proces rezerwacji i aktywacji zasobów serwisu LSP przedstawiono na rysunku 4.10.



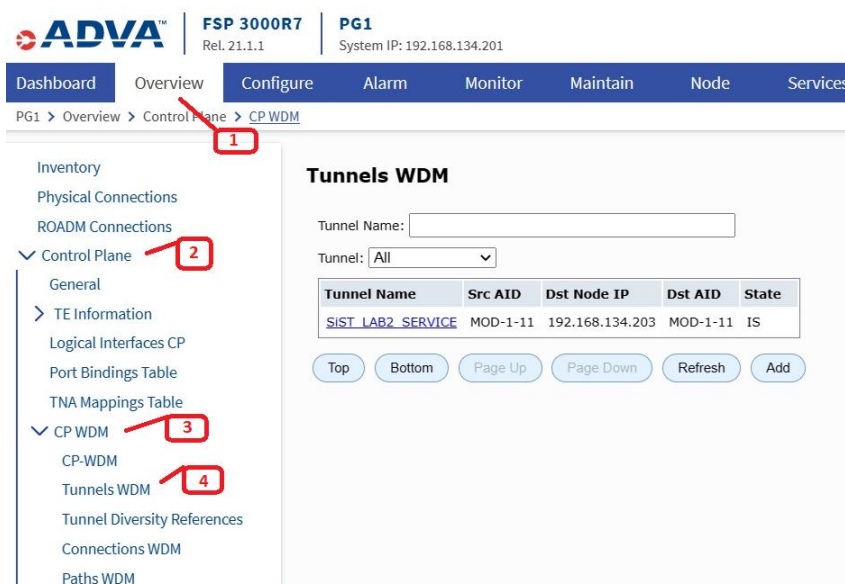
Rys. 4.10. Proces rezerwacji i aktywacji zasobów LSP.

Każdy węzeł przechowuje informacje o serwisach LSP, przy których tworzeniu brał udział. Umożliwia to dynamiczne zarządzanie utworzonymi serwisami (np. usuwanie/obsługę awarii serwisów).

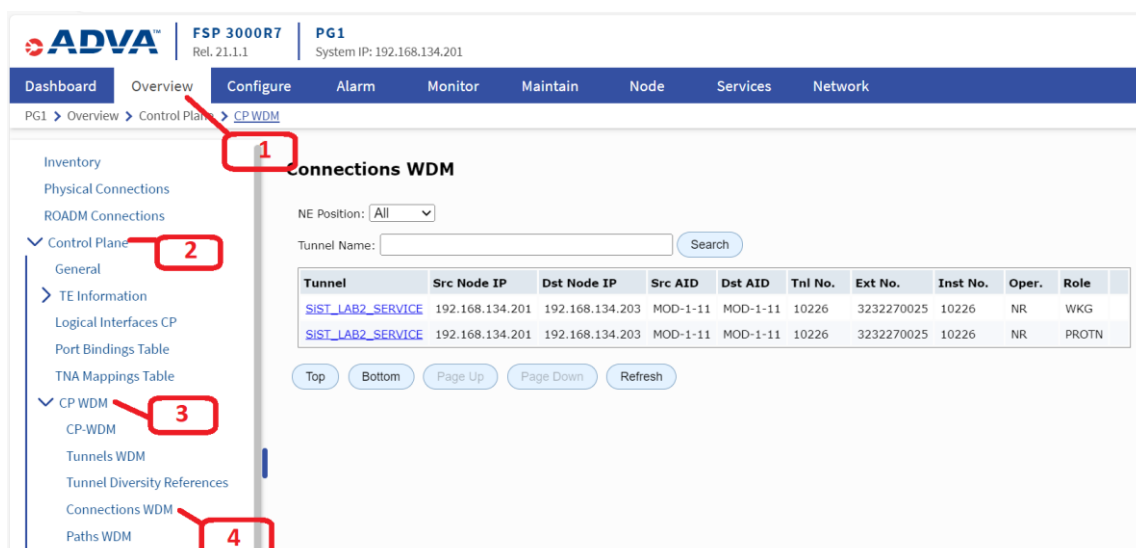
Na urządzenia PG1, PG2 oraz PG3 skonfigurowano serwis transportowy LSP w trybie zabezpieczenia z protekcją. W przypadku zabezpieczenia z protekcją wszystkie zasoby transportowe przeznaczone do ochrony (serwis zabezpieczający - PROTN) aktywowane są przy zestawieniu serwisu roboczego (WKG). W przypadku awarii, nie ma więc aktywacji dodatkowych zasobów, nie jest konieczne wysyłanie wiadomości sygnalizacyjnej, a przełączenie na serwis zabezpieczający odbywa się sprzętowo. Nazwa skonfigurowanego

serwisu to SIST\_LAB2\_SERVICE. W interfejsie WebGUI urządzeń FSP 3000R7 informacje o serwisach LSP można podejrzeć w zakładce „Tunnels WDM” („Overview” → „Control Plane” → „CP WDM” → „Tunnels WDM”) – por. rys. 4.11. Informacje o połączeniach zestawionych w ramach danego serwisu są dostępne w zakładce „Connections WDM” („Overview” → „Control Plane” → „CP WDM” → „Connections WDM”) – por. rys. 4.12. Dla tak skonfigurowanego serwisu utworzone zostają dwa połączenia (LSP dla serwisu roboczego i LSP dla serwisu zabezpieczającego) oraz dwie encje (encja dla serwisu roboczego oraz encja dla serwisu zabezpieczającego)

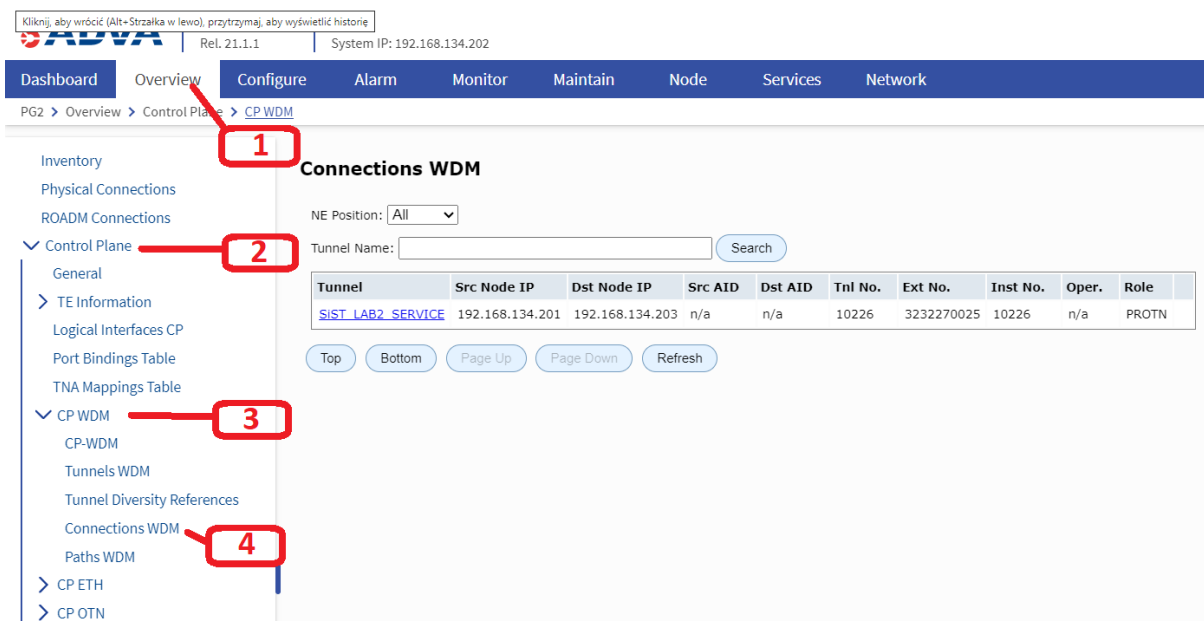
Encja **CNX-WDM** dziedziczy nazwę od tworzonego serwisu LSP, co umożliwia łatwe jej skojarzenie z serwisem LSP. Zawiera ona między innymi ogólne parametry serwisu LSP, jego ścieżkę i listę zasobów, które zarezerwował serwis LSP w danym węźle. Połączenia zestawione na PG1 dla serwisu SIST\_LAB2\_SERVICE przedstawiono na rys. 4.12., natomiast połączenia zestawione na PG2 dla tego serwisu przedstawiono na rys. 4.13. Podgląd encji CNX dla tego serwisu zaprezentowano na rys. 4.14. W celu uzyskania szczegółowych informacji związanych z daną encją należy przejść do zakładki „Overview” → „Control Plane” → „CP WDM” → „Connections WDM” wybrać serwis (WKG lub PROTN), a następnie wybrać zakładkę „Provision”, tak jak zaprezentowano to na rys. 4.15.



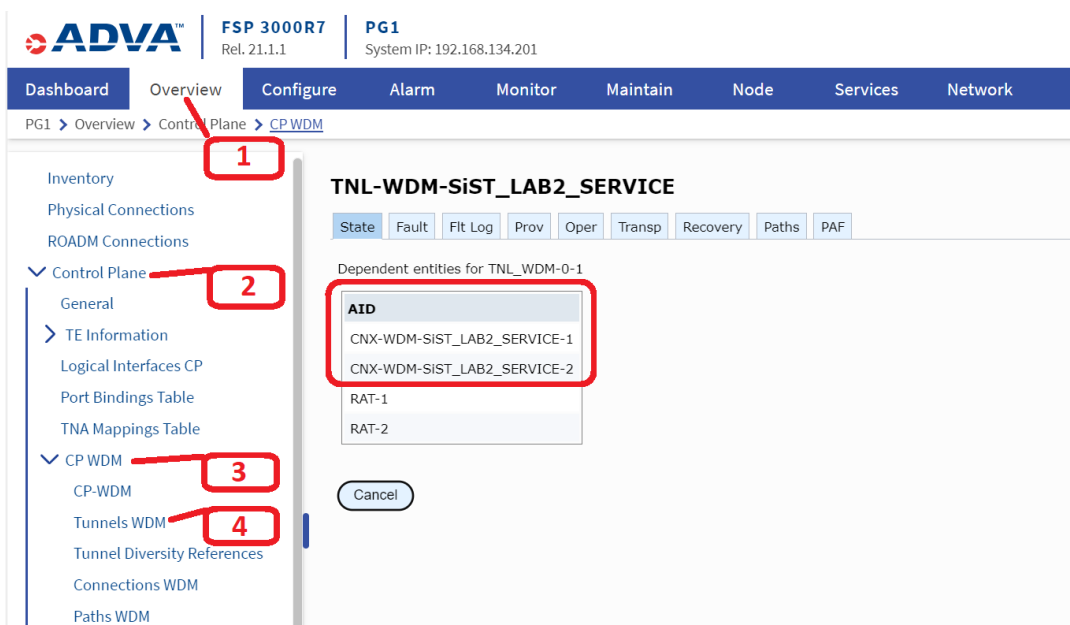
Rys. 4.11. Serwis LSP.



Rys. 4.12. Zakładka „Connection WDM” na PG1.



Rys. 4.13. Zakładka „Connection WDM” na PG2.



Rys. 4.14. Podgląd encji CNX serwisu w zakładce „Tunnels WDM” w opcji „State” (po kliknięciu przycisku z opcją „Dependencies”).



ADVA™ FSP 3000R7 Rel. 21.1.1 PG1 System IP: 192.168.134.201

Dashboard Overview **Configure** Alarm Monitor Maintain Node Services Network

PG1 > Overview > Control Plane > CP WDM

Inventory  
Physical Connections  
ROADM Connections  
✓ Control Plane  
General  
TE Information  
Logical Interfaces CP  
Port Bindings Table  
TNA Mappings Table  
✓ CP WDM  
CP-WDM  
Tunnels WDM  
Tunnel Diversity References  
Connections WDM  
Paths WDM  
CP ETH  
CP OTN  
Span Equalization  
Reconfigurable Filters  
Protection  
Management Network

### CNX-WDM-SiST\_LAB2\_SERVICE-2

State Fault **Provision** Transport Paths Inventory

Tunnel Name: SiST\_LAB2\_SERVICE  
Tunnel Number: 10226  
Tunnel Number Extension: 3232270025  
Tunnel Instance: 10226  
Connection Number: 10227  
Tunnel Type: Point to Point  
Tunnel Scope: N to N  
TE Switch Level: Lambda

Source Target ID: PG1  
Source Node: 192.168.134.201  
Source Equipment: MOD-1-11  
Source Transport Name: 0.0.0.0

Destination Target ID: PG3  
Destination Node IP: 192.168.134.203  
Destination Equipment: MOD-1-11  
Destination TNA: 0.0.0.0

Connection Type: Bidirectional  
Node Position: Ingress

Restorable: False

Cancel Refresh

5. Wybór serwisu dla połączenia zabezpieczającego (PROTN)

6. SiST\_LAB2\_SERVICE

Rys. 4.15. Podgląd encji CNX serwisu.

Wybór zakładki „Inventory” z opcją „Resources” skutkuje możliwością podglądu modułów wykorzystanych do zestawienia danego serwisu.

Kliknij, aby wrócić (Alt+Strzałka w lewo), przytrzymaj, aby wyświetlić historię

ADVA™ FSP 3000R7 Rel. 21.1.1 PG1 System IP: 192.168.134.201

Dashboard Overview **Configure** Alarm Monitor Maintain Node Services Network

PG1 > Overview > Control Plane > CP WDM

Inventory  
Physical Connections  
ROADM Connections  
✓ Control Plane  
General  
TE Information  
Logical Interfaces CP  
Port Bindings Table  
TNA Mappings Table  
✓ CP WDM  
CP-WDM  
Tunnels WDM  
Tunnel Diversity References  
Connections WDM  
Paths WDM  
CP ETH  
CP OTN  
Span Equalization  
Reconfigurable Filters  
Protection  
Management Network

### CNX-WDM-SiST\_LAB2\_SERVICE-1

State Fault Provision Transport Paths **Inventory**

Inventory: Resources

Downstream	Equipment Type	Upstream	Equipment Type
MOD-1-11	4TCA4G	OL-2	n/a
MOD-1-15	4CSM-D	MOD-1-15	4CSM-D
OL-2	n/a	MOD-1-11	4TCA4G

Cancel Refresh

5. Wybór serwisu dla połączenia roboczego (WKG)

6. Inventory

7. Resources

Rys. 4.16. Podgląd encji CNX-WDM-SiST\_LAB2\_SERVICE-2 i OLi.

Prezentowane są tu również punkty podpięcia światłowodów -OLe (por. rys. 4.16). Konfiguracja kanałów optycznych w punktach podpięcia światłowodu została zaprezentowana na rys. 4.17.

The screenshot shows the ADVA FSP 3000R7 configuration interface. The top navigation bar includes 'Dashboard', 'Overview', 'Configure' (highlighted with a red box and arrow labeled 1), 'Alarm', 'Monitor', 'Maintain', 'Node', 'Services', and 'Network'. Below the navigation bar, the 'Configure' section is active, showing 'Optical Lines' (highlighted with a red box and arrow labeled 2) and 'Optical Channels' (highlighted with a red box and arrow labeled 3). The 'Optical Lines' table lists 8 lines (OL-1 to OL-8) with their identifiers, far end locations, logical interfaces, and span-fiber lengths. The 'Optical Channels' section shows a 'Line' dropdown menu (highlighted with a red box and arrow labeled 4) and a table of channels with their identifiers, node end points, connections, and node end points.

Line	Identifier	Far End Location	Logical Interface	Span-Fiber Length [km]
1	OL-1		LIF_CP-1	0
2	OL-2		LIF_CP-2	0
3	OL-3		LIF_CP-3	0
4	OL-4		LIF_CP-4	0
5	OL-5		LIF_CP-5	0
6	OL-6		LIF_CP-6	0
7	OL-7		NONE	0
8	OL-8		NONE	0

Channel	Identifier	Node End Point	Connection	Node End Point
19580 (D03)	WCH-1-D03	WCH-1-D03	↔	CH-1-11-NE
Add	CH-1-11-NE<->WCH-1-D03	WCH-1-D03	←	CH-1-11-NE
Drop	WCH-1-D03<->CH-1-11-NE	WCH-1-D03	→	CH-1-11-NE

Rys. 4.17. Kanały optyczne wykorzystywane dla zestawienia serwisu.

## Literatura:

1. Mannie E., Ed., *Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Architecture*, IETF RFC 3945, October 2004.
2. ADVA Optical Networking, *Fiber Service Platform 3000R7, Module and System Specification* Monachium, 10/2022.
3. ADVA Optical Networking: *Fiber Service Platform 3000R7. Hardware Description*. Instrukcja obsługi platform, Monachium, 10/2022.

### Laboratorium Systemów Telekomunikacyjnych

Studia Dienne Dwustopniowe - Inżynierskie

Semestr 6

Kierunek Inf; grupa dziek.: .....

Grupa laboratoryjna nr A B / .....

1. Imię Nazwisko: .....
2. Imię Nazwisko: .....
3. Imię Nazwisko: .....

Ćwiczenie 2:

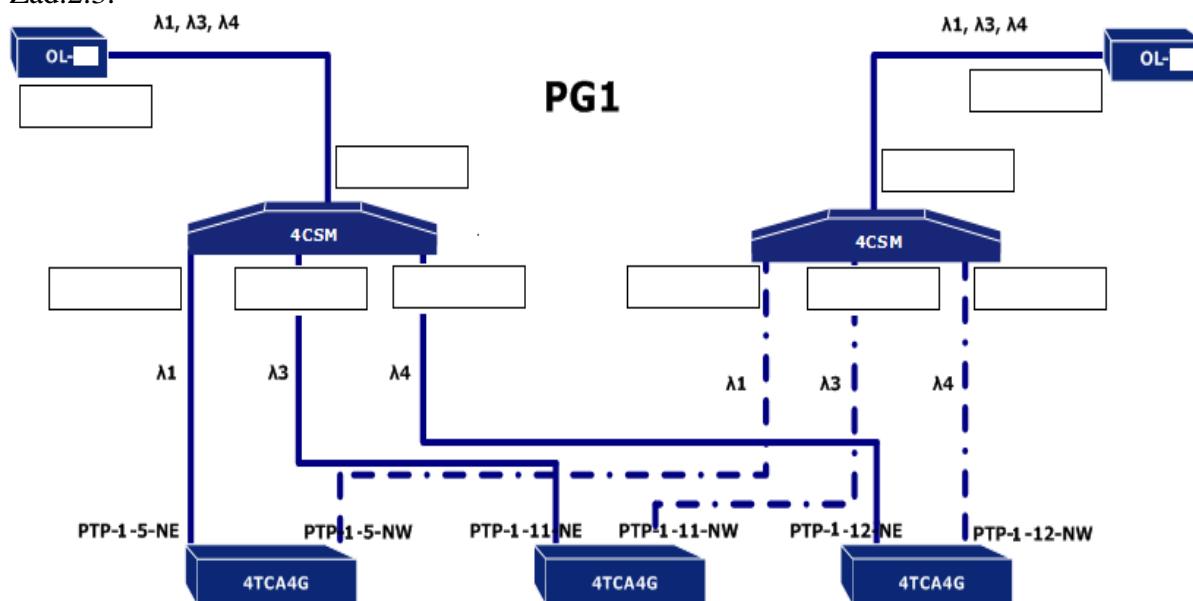
#### System transmisji optycznej DWDM

1. Wyniki obserwacji

Zad.2.2.

Nazwa urządzenia	Adres IP
<b>PG1</b>	
<b>PG2</b>	
<b>PG3</b>	
<b>PG4</b>	

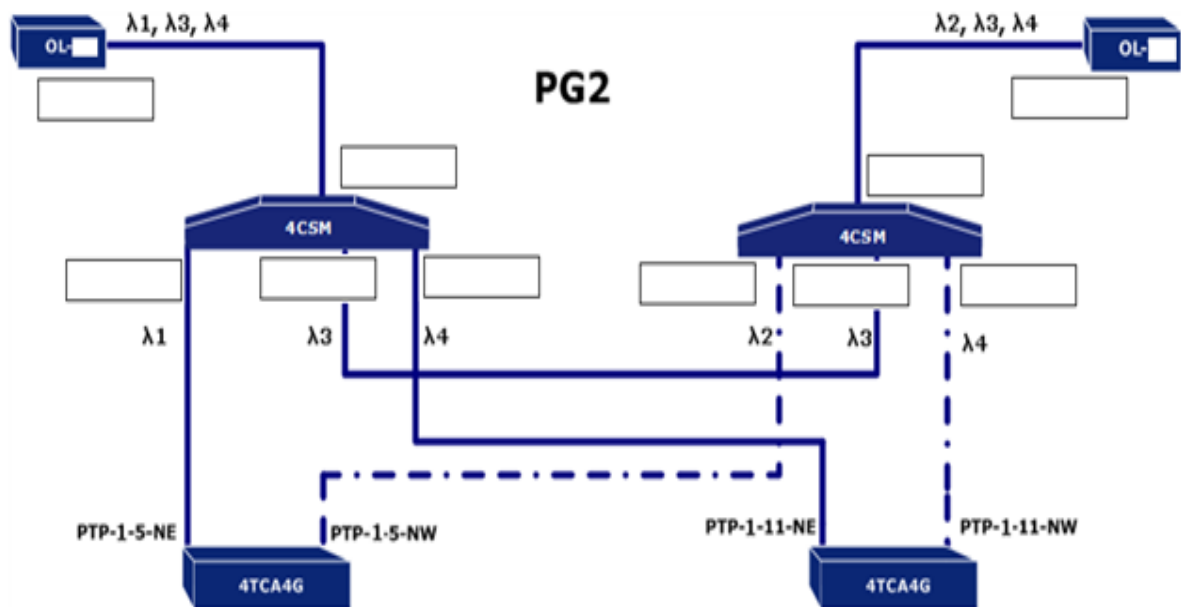
Zad.2.3.



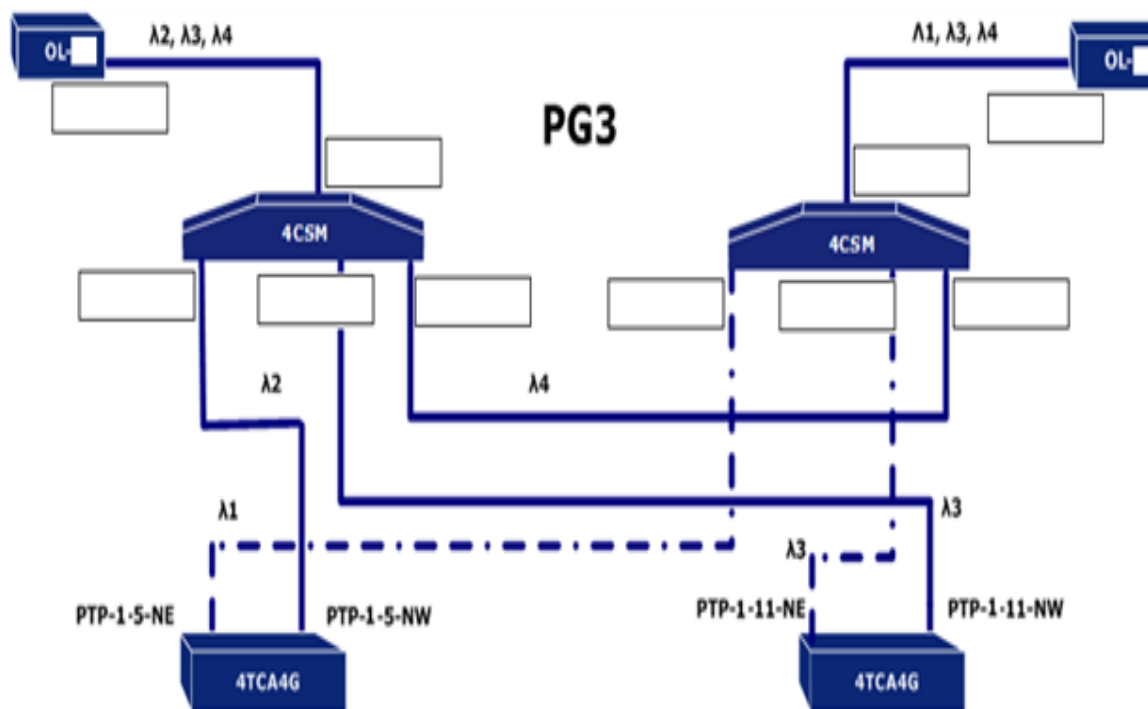
Zad.2.4.

	AID	Network	IP conf. type
<b>PG1</b>	LIF-CP1		
	LIF-CP2		
<b>PG2</b>	LIF-CP1		
	LIF-CP2		
<b>PG3</b>	LIF-CP1		
	LIF-CP2		
<b>PG4</b>	LIF-CP1		
	LIF-CP2		

Zad.2.5.



Zad.2.6.



2.7.

Długość fali zarezerwowano dla serwisu roboczego SIST\_LAB2\_SERVICE to

.....

## 2.8. Ogólne parametry serwisu SIST\_LAB2\_SERVICE

Nazwa serwisu	SIST_LAB2_SERVICE –serwis roboczy (WKG)
Encja	
Tunnel Name	
Tunnel Number	
Connection Number	
TE Switch Level	
Source Node	
Source Equipment	
Destination Node IP	
Destination Equipment	
Node Position	

Nazwa serwisu	SIST_LAB2_SERVICE –serwis zabezpieczający (PROTN)
Encja	
Tunnel Name	
Tunnel Number	
Connection Number	
TE Switching Level	
Source Node	
Source Equipment	
Destination Node IP	
Destination Equipment	
Node Position	

## 2.9. Odpowiedzi na pytania:

## 3. Spostrzeżenia, uwagi i wnioski:



