

ADVANCE

GMPLS: Automatyka w wielowarstwowych sieciach transmisji danych

Paweł Brzozowski

Control Plane R&D
January 2011

Współczesne sieci transportowe

Wielostopniowe

- ▶ Zintegrowany WSS: topologie mesh
- ▶ Przestrajalne urządzenia końcowe i regeneratory

Wielousługowe

- ▶ Automatyczna restoracja poprzez płaszczyznę sterowania
 - ▶ Wykrywanie awarii, dynamiczna zmiana kanału

Wielowarstwowe

- ▶ Integracja wielu warstw technologicznych:
 - ▶ WDM, Carrier Ethernet, OTN TDM

Wieloobszarowe

- ▶ Duże i złożone sieci transportowe, a skalowalność
- ▶ Spinanie wysp i mniejszych obszarów sieci

Heterogeniczne

- ▶ Ustandaryzowane protokoły, testy producentów sprzętu
 - ▶ Rdzeń oparty na GMPLS, zgodność z OIF i ASON

Wzrasta przepustowość i inteligencja w sieci





Współczesne sieci transportowe

Wielostopniowe

- ▶ Zintegrowany WSS: topologie mesh
- ▶ Przestrajalne urządzenia końcowe i regeneratory

Wielousługowe

- ▶ Automatyka restoracja poprzez płaszczyznę sterowania
 - ▶ Wykrywanie awarii, dynamiczna zmiana kanału

Wielowarstwowe

- ▶ Integracja wielu warstw technologicznych:
 - ▶ WDM, Carrier Ethernet, OTN TDM

Wieloobszarowe

- ▶ Duże i złożone sieci transportowe, a skalowalność
- ▶ Spinanie wysp i mniejszych obszarów sieci

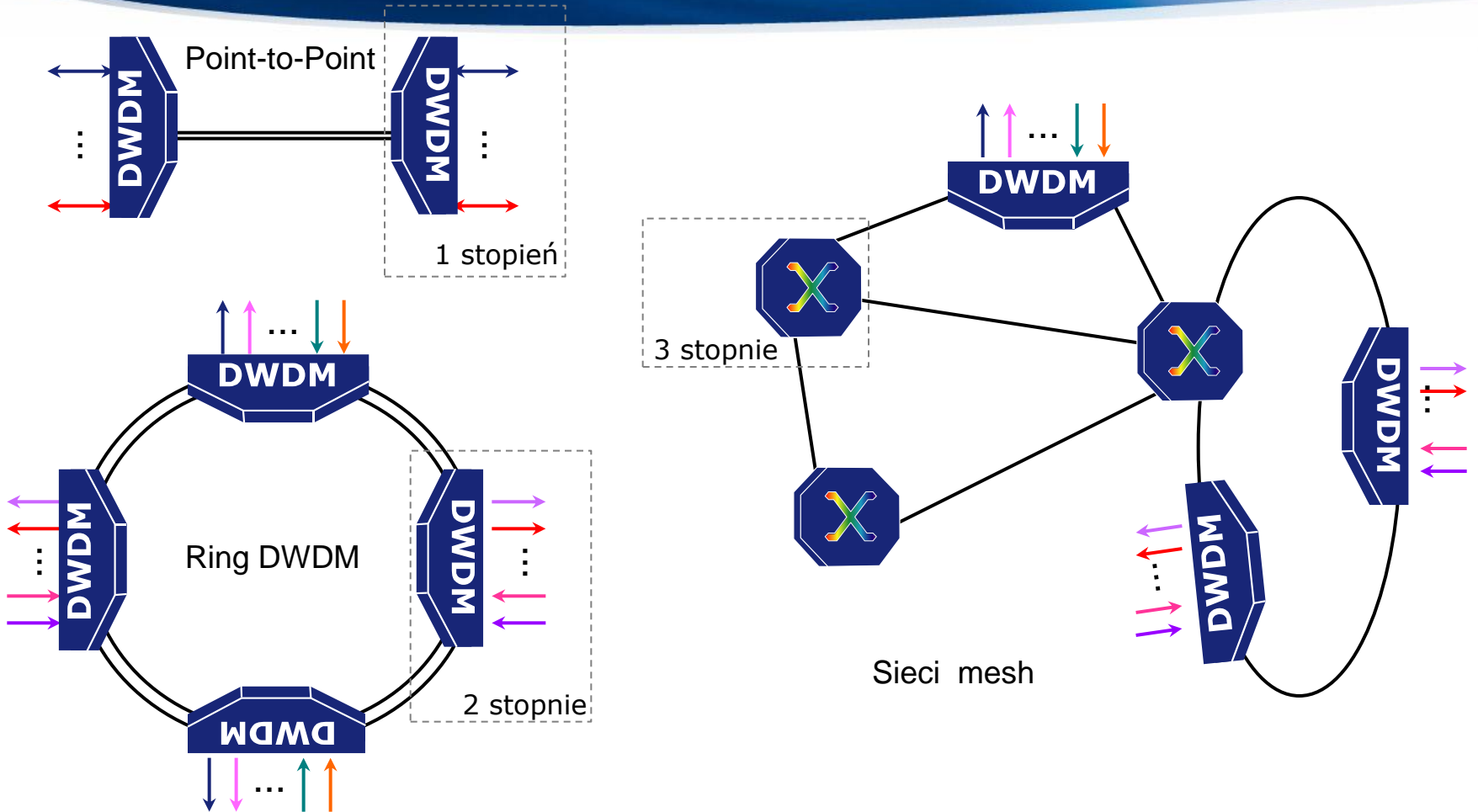
Heterogeniczne

- ▶ Ustandaryzowane protokoły, testy producentów sprzętu
 - ▶ Rdzeń oparty na GMPLS, zgodność z OIF i ASON

Wzrasta przepustowość i inteligencja w sieci

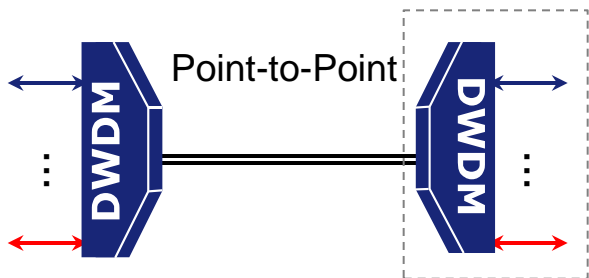


Topologie WDM: ewolucja



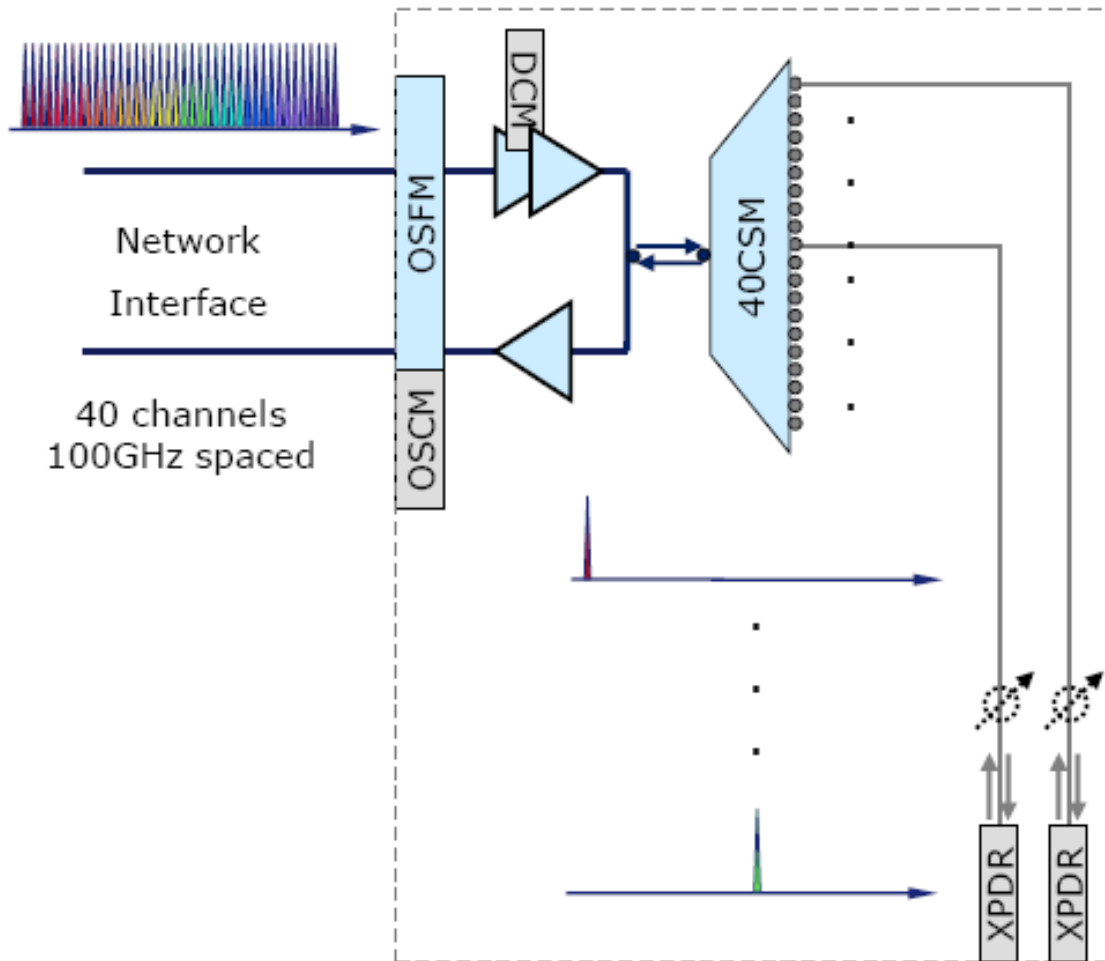
Cel: Dowolna lambda, dowolny kierunek

Topologie WDM: Point-to-Point z FOADM

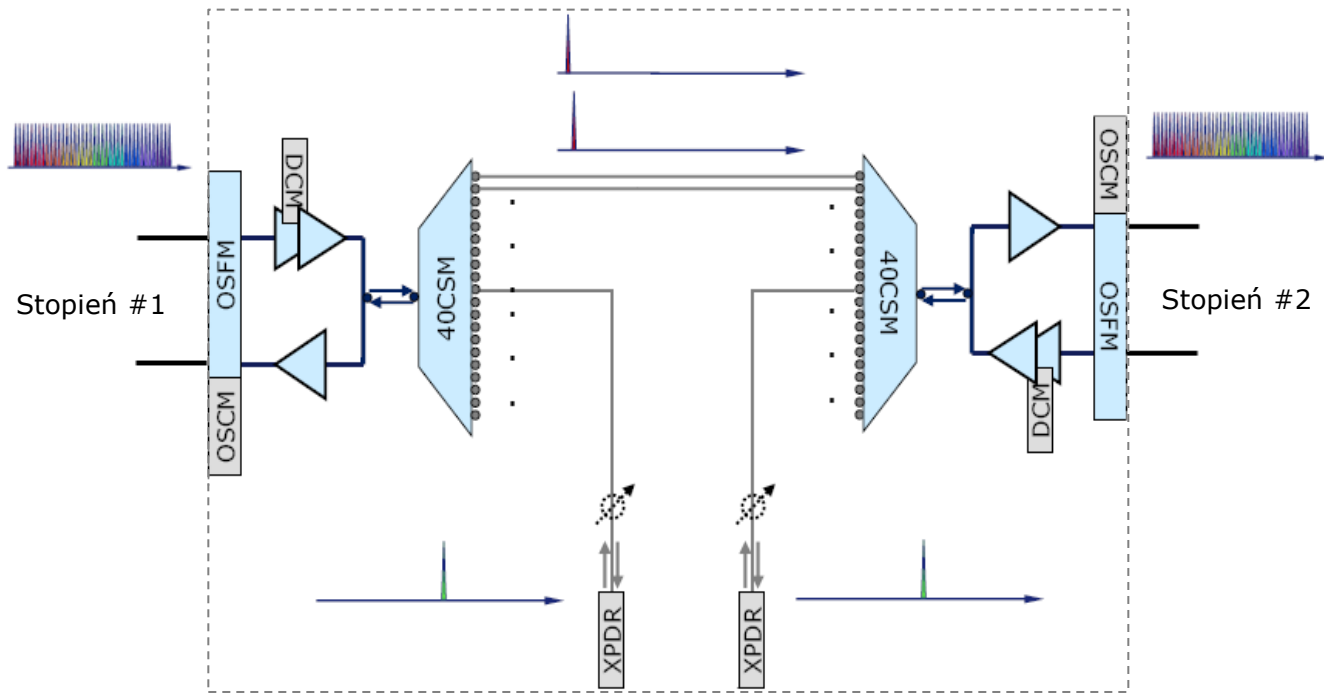
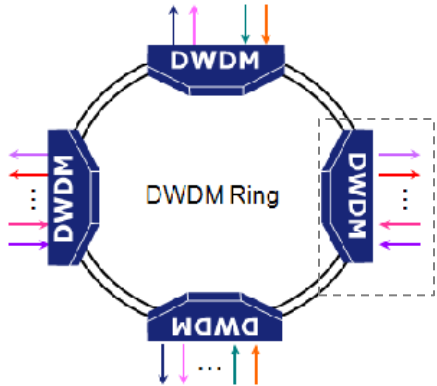


Funkcjonalność:

- ▶ Add-drop



Topologie WDM: Ring z FOADM



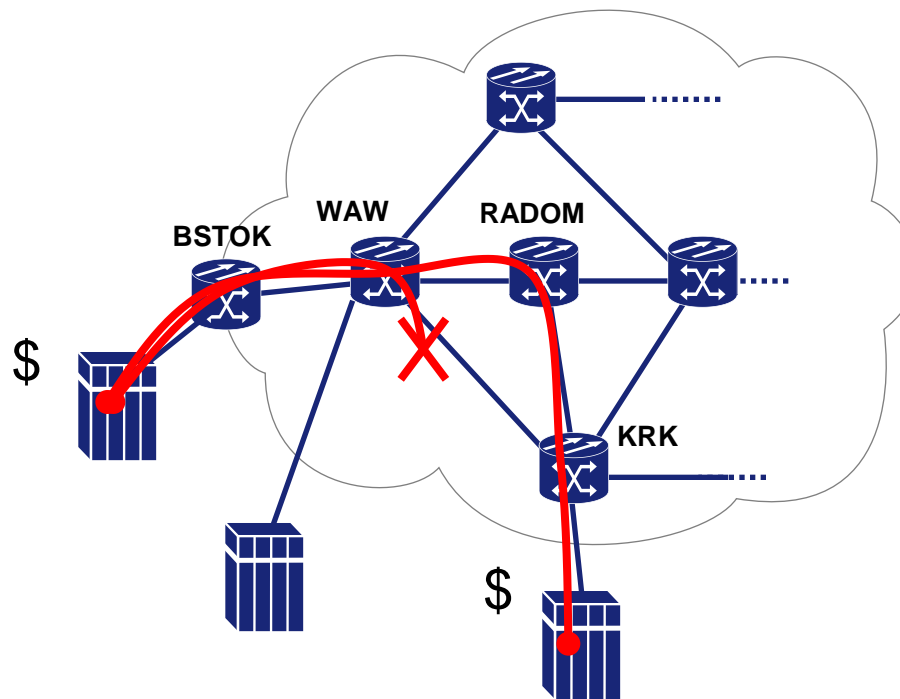
Funkcjonalność:

- ▶ Add-drop bez rekonf.
- ▶ Pass-through bez rekonf.
- ▶ Brak wyboru kierunku
- ▶ Brak wyboru λ

Cel: Dowolna lambda, w dowolnym kierunku

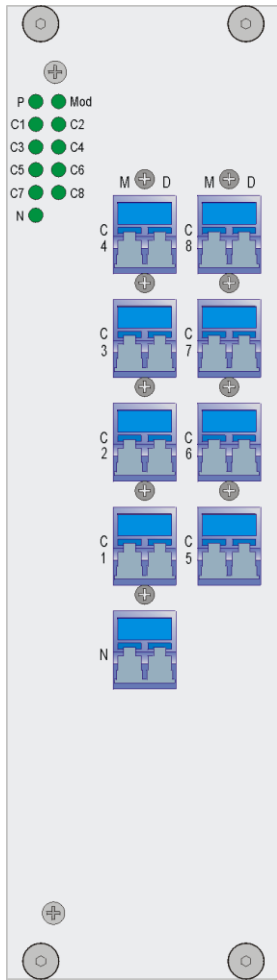
Elastyczność topologii - directionless

Dynamicznie przełączanie fali w dowolnym kierunku.



\$ = klient

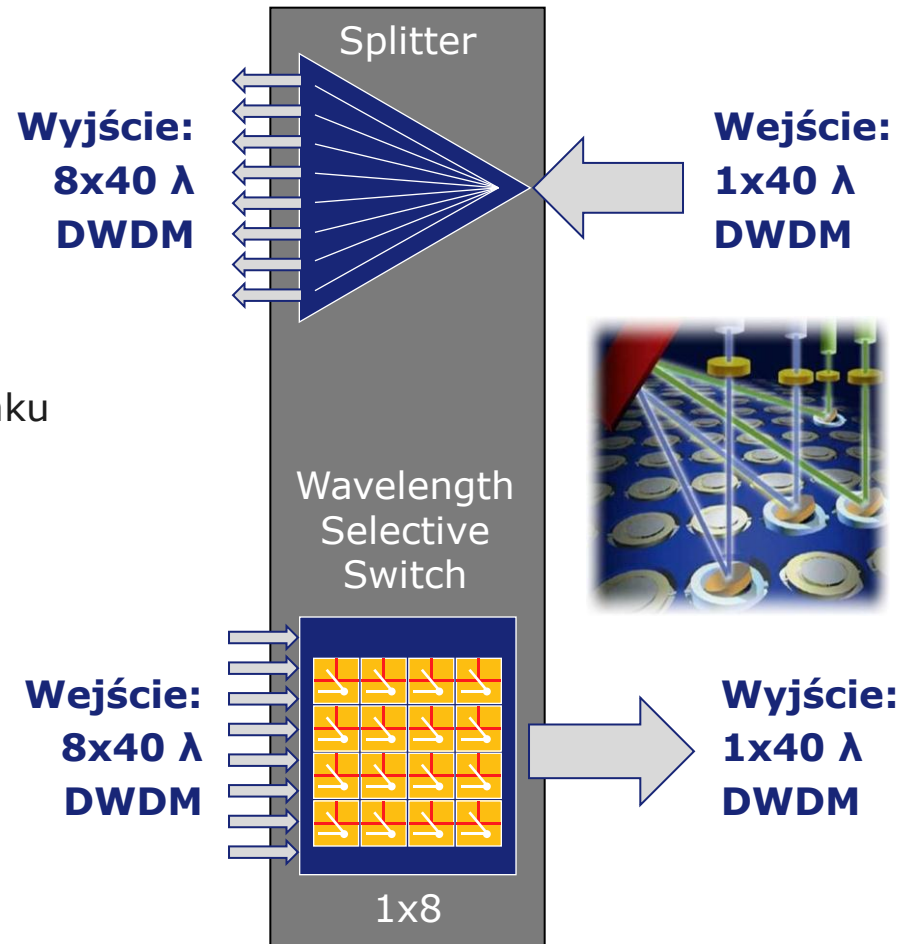
8-stopniowy switch optyczny



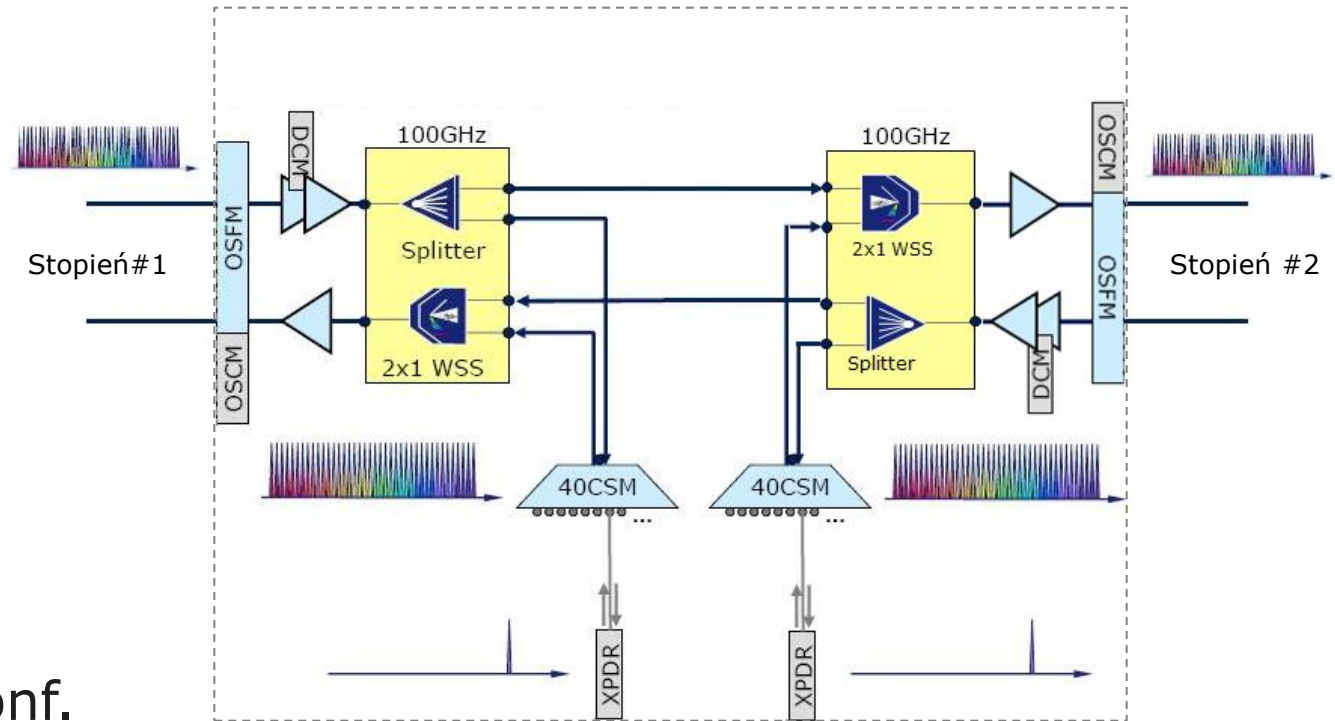
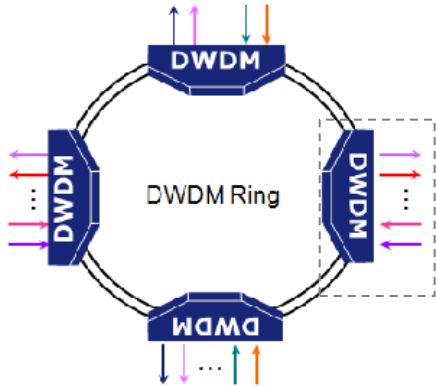
ROADM:

Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer

- ▶ 1x8 WSS z 8x1 pasywnym splitterem
- ▶ Dowolna λ w dowolnym kierunku
- ▶ Jeden ROADM na kierunek, działanie broadcast-and-select
- ▶ Wewnątrz lub na krańcu sieci
 - ▶ Wewnątrz: dynamiczne przełączanie
 - ▶ Kraniec sieci: zmiana kierunku add-drop (t.j. "directionless")



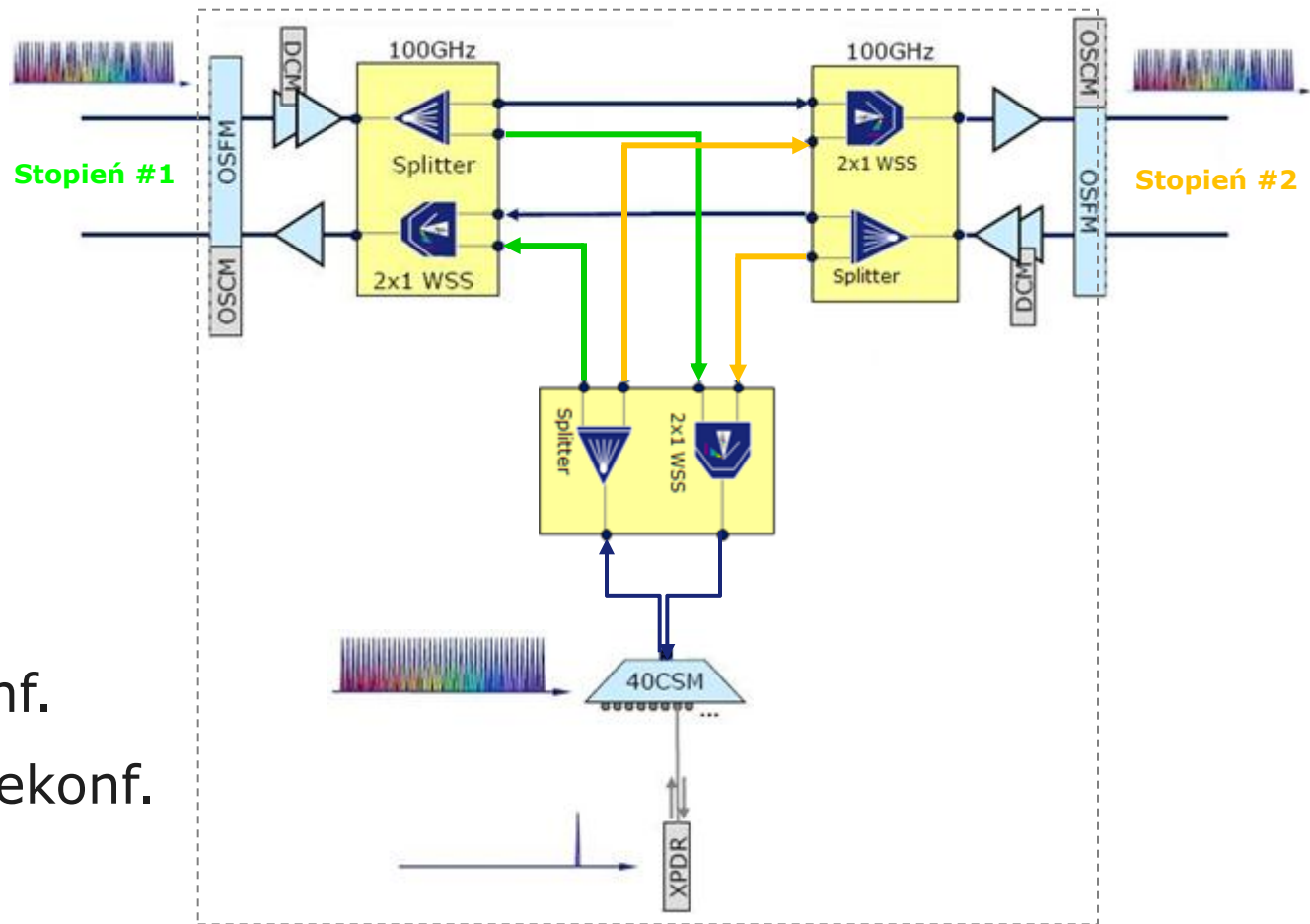
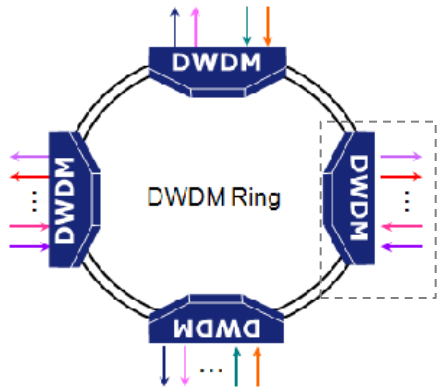
Topologie WDM: Ring z ROADM



Funkcjonalność:

- ▶ Add-drop z rekonf.
- ▶ Pass-through z rekonf.
- ▶ Brak wyboru kierunku
- ▶ Brak wyboru λ

WDM topologies: Ring with directionless ROADMs

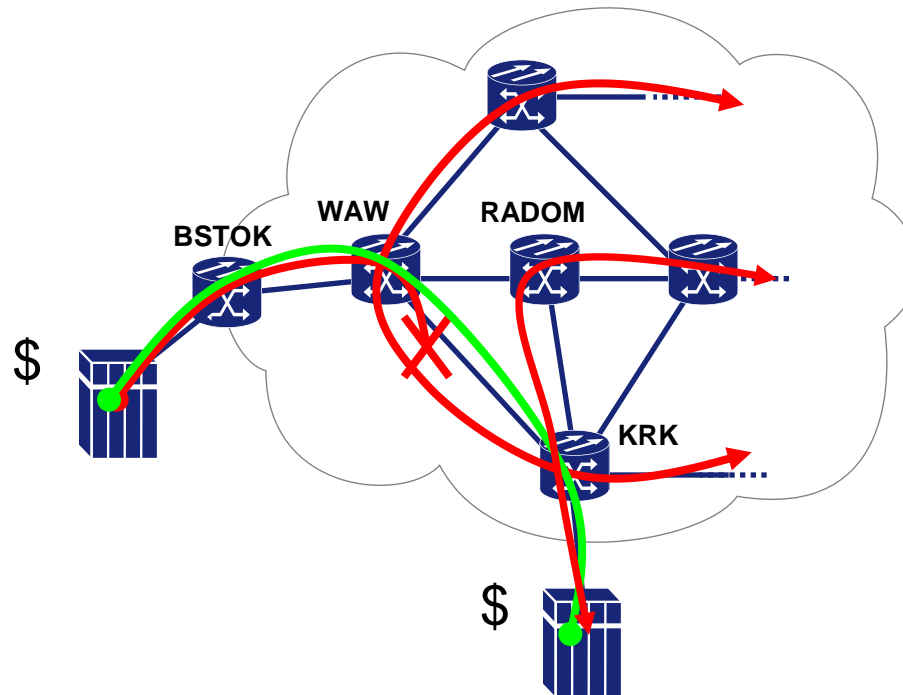


Funkcjonalność:

- ▶ Add-drop z rekonf.
- ▶ Pass-through z rekonf.
- ▶ Wybór kierunku
- ▶ Brak wyboru lambdy

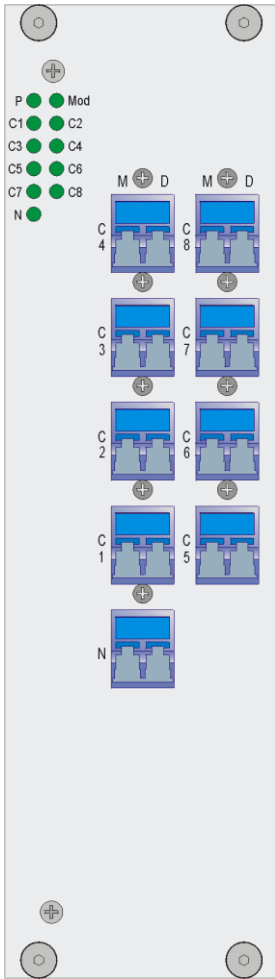
Cel: Dowolna lambda, w dowolnym kierunku

Elastyczność topologii - colorless
Dynamiczna zmiana długości fali
by osiągnąć węzeł docelowy.

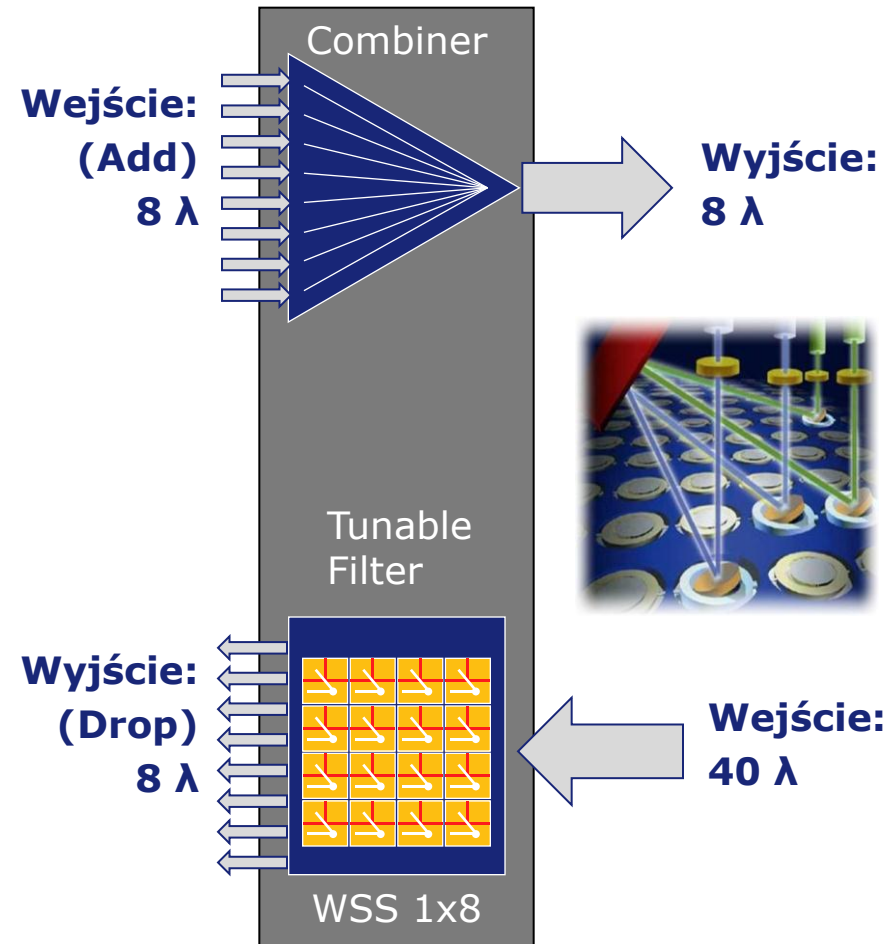


\$ = klient

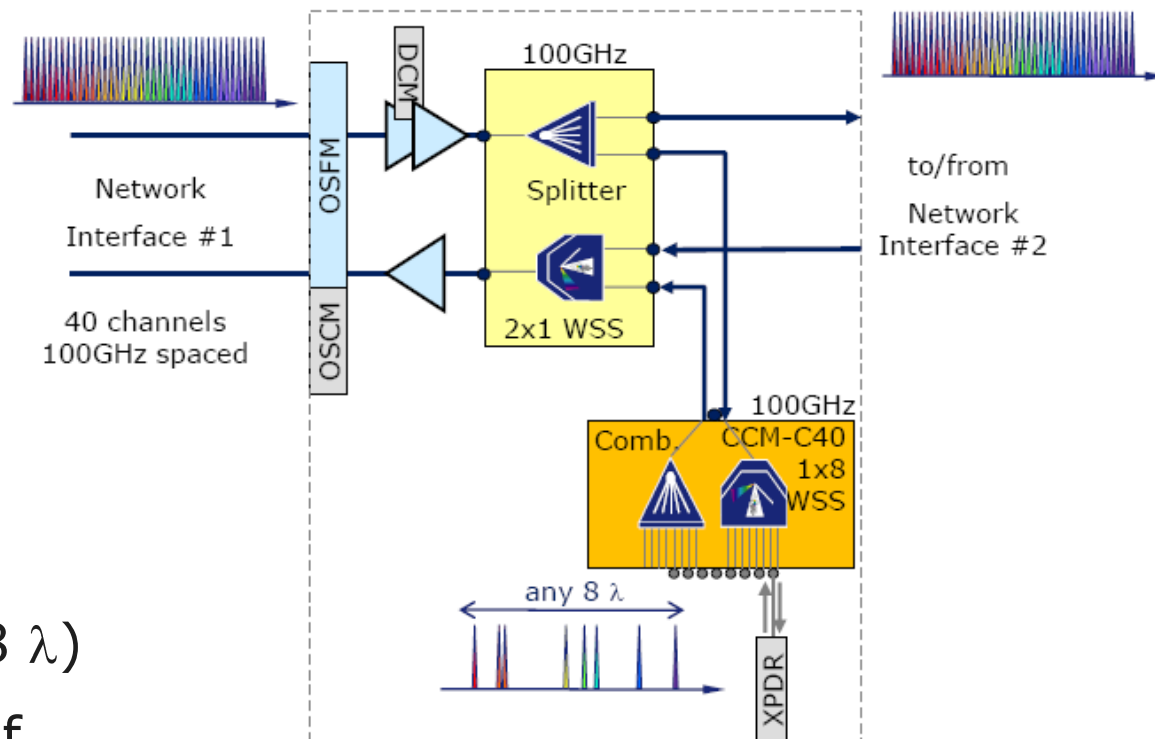
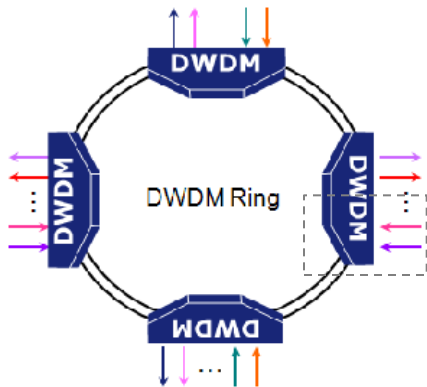
8-portowy przestrajalny filtr



- ▶ 1x8 WSS i 8x1 pasywny combiner
- ▶ Dowolna λ na Add-Drop
- ▶ Funkcjonalność "colorless", n.p. dowolne 8 z 40 kanałów (100GHz) w paśmie C-band



Topologie WDM: Ring z colorless ROADMs



Funkcjonalność:

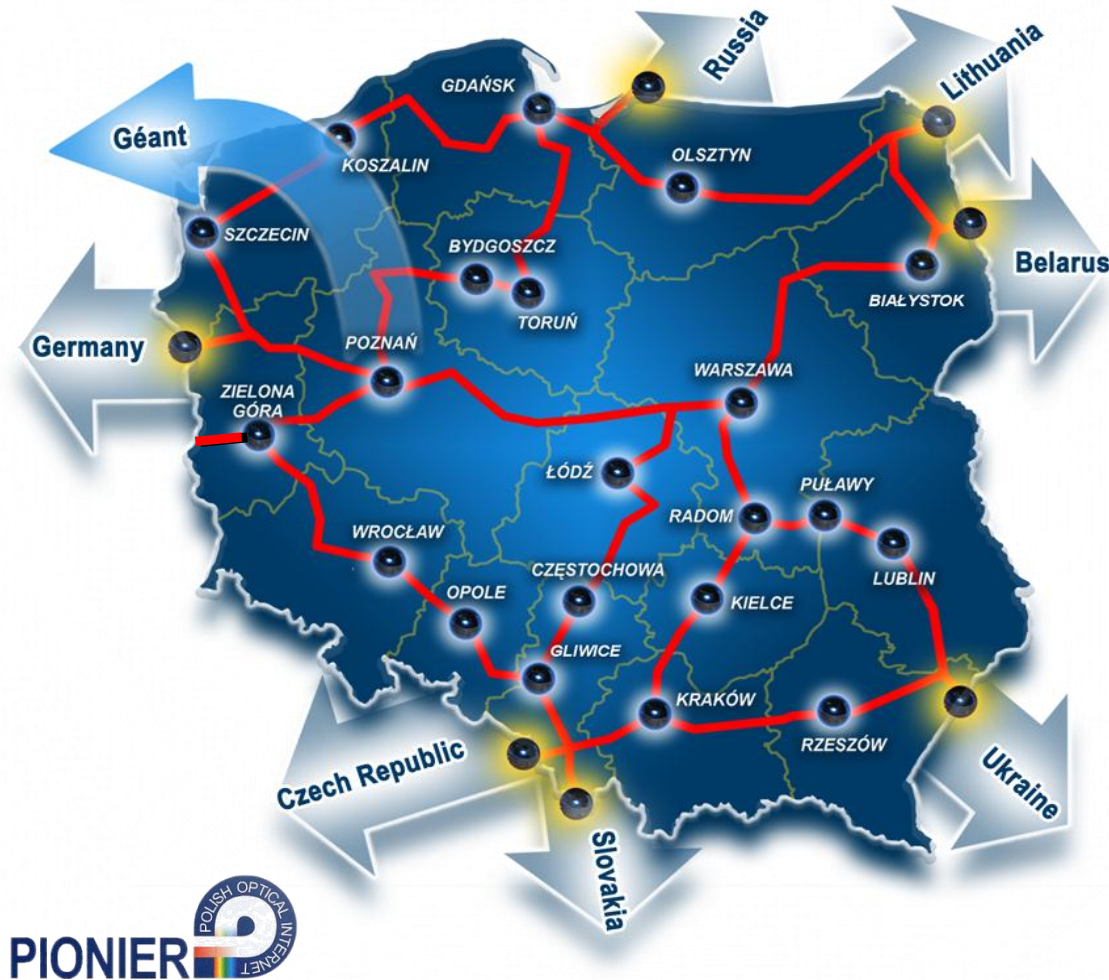
- ▶ Add-drop z rekonf. (8λ)
- ▶ Pass-through z rekonf.
- ▶ Fixed direction
- ▶ Wybór λ

Pokazany tylko 1 stopień!

Przykład wdrożenia: sieć PIONIER

Market
Vertical

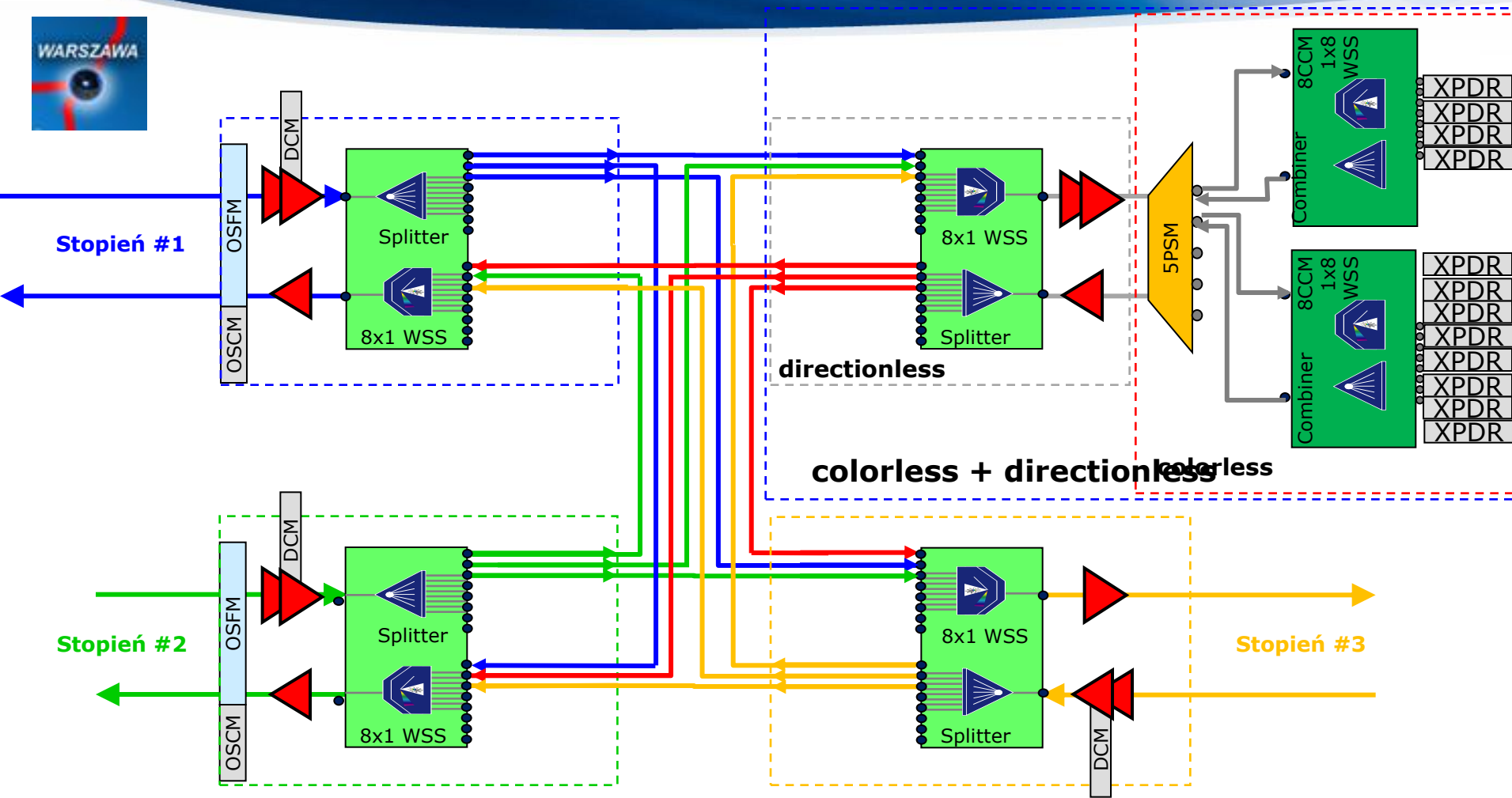
Research + Education



- ▶ **Zastosowanie**
- ▶ NREN, ogólnopolska sieć szkieletowa
- ▶ Połączone 21 sieci MAN
 - ▶ **Serwisy**
 - ▶ N x 10GbE LAN PHY
 - ▶ ATM622
 - ▶ **Rozmiar**
 - ▶ >5.000km
 - ▶ 21 ośrodków akademickich
- ▶ **Funkcjonalność**
- ▶ Redundatne połączenia
- ▶ Wysokie przepływności
- ▶ Elastyczna infrastruktura dla celów badawczych

Węzeł w Warszawie

3-stopniowy ROADM Directionless + Colorless

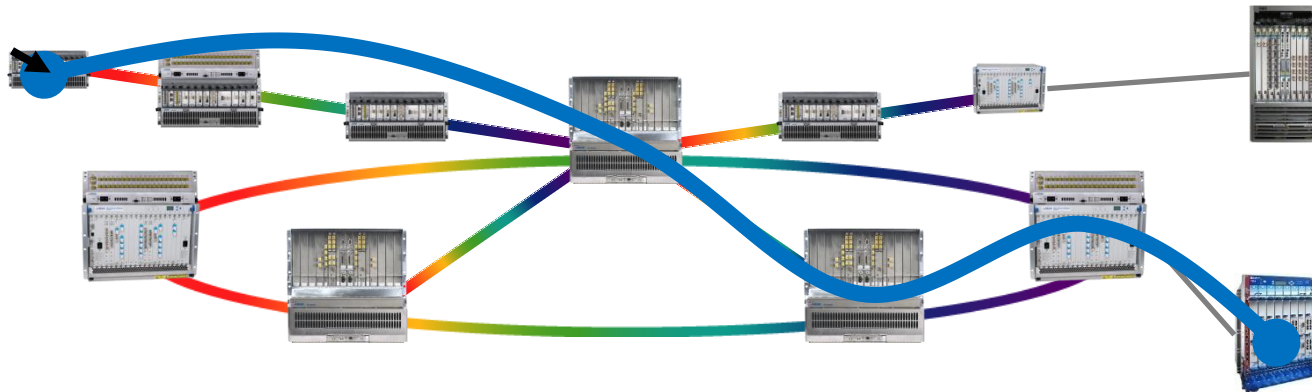


Dowolna lambda, dowolny kierunek, dowolny transponder

Wsparcie płaszczyzny sterowania

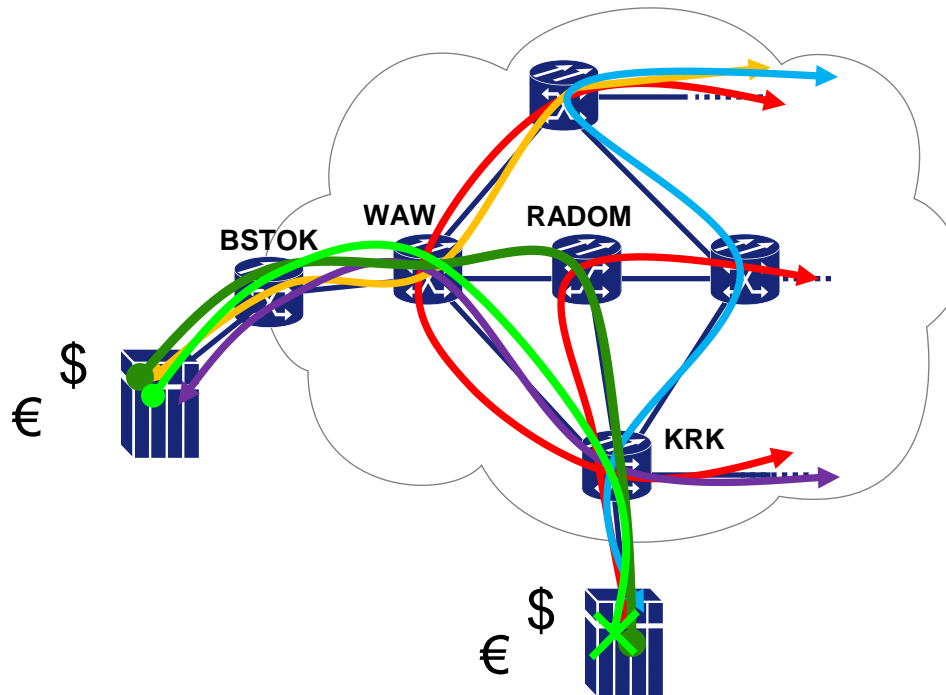
▶ Konfiguracja usług end-to-end

- ▶ Odkrywanie zasobów i topologii
- ▶ Obliczanie tras z uwzględnieniem ograniczeń
- ▶ Dynamiczne zarządzanie serwisami



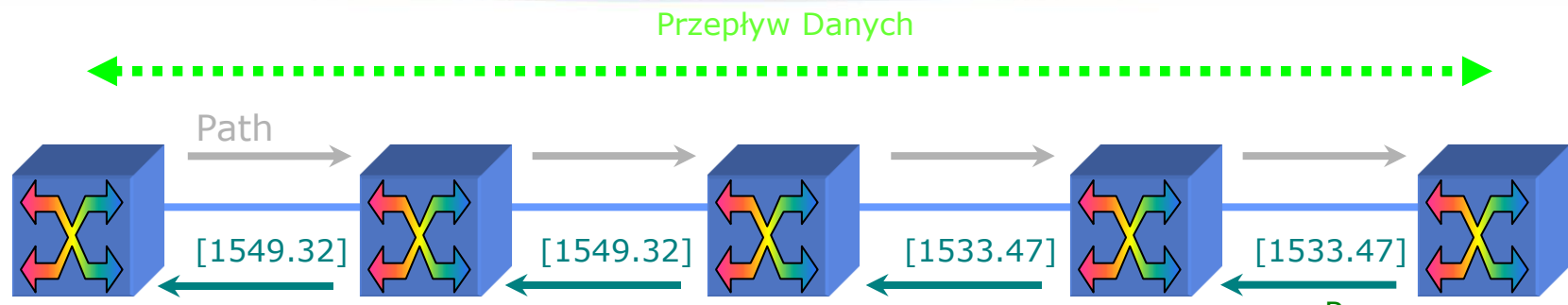
Dowolna lambda, w dowolnym kierunku, w dowolnym czasie

Obliczanie tras z uwzględnieniem ograniczeń



\$, € = klient

Dynamiczne zarządzanie serwisami



Węzeł Źródłowy

- Reserve channel
- Set facility type
- Set encapsulation
- Set protection
- Enable TX laser
- Connect DN/ADD
- Connect DN/DROP

Węzeł Tranzytowy

- Reserve channel
- Connect UP/DN
- Connect DN/UP

Tranzyt + Regeneracja

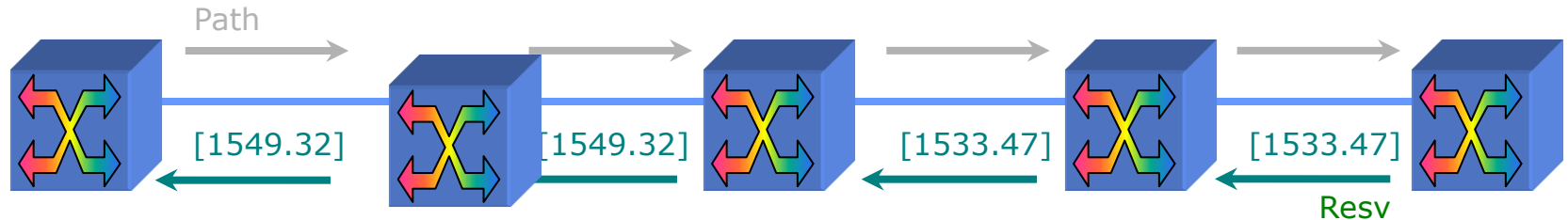
- Reserve UP channel
- Reserve DN channel
- Set UP/DN facilities
- Set UP/DN encaps
- Enable UP TX laser
- Enable UP CL laser
- Enable DN CL laser
- Enable DN TX laser
- Connect UP/DROP
- Connect DN/ADD
- Connect DN/DROP
- Connect UP/DROP

Węzeł Docelowy

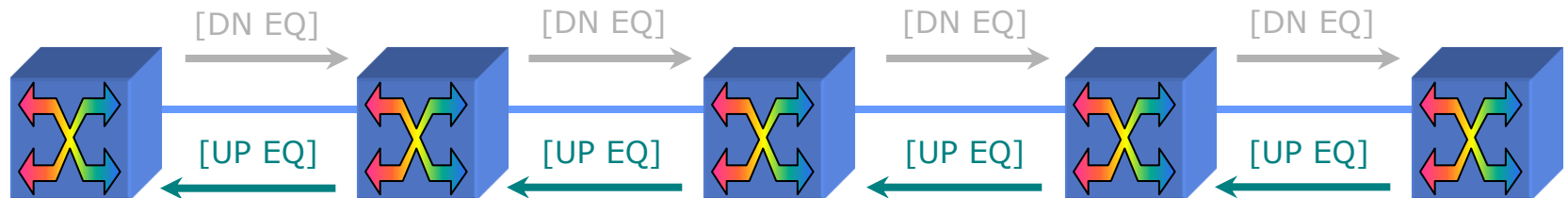
- Reserve channel
- Set facility type
- Set encapsulation
- Set protection
- Enable TX laser
- Connect UP/DROP
- Connect UP/ADD

Wyrównanie poziomów mocy

Po skonfigurowaniu HW (maksymalne tłumienie) ...



... należy wyrównać poziomy mocy (dopasowanie VOA/ROADM)



Przeptyw Danych



Współczesne sieci transportowe

Wielostopniowe

- ▶ Zintegrowany WSS: topologie mesh
- ▶ Przestrajalne urządzenia końcowe i regeneratory

Wielousługowe

- ▶ Automatyka restoracji poprzez płaszczyznę sterowania
 - ▶ Wykrywanie awarii, dynamiczna zmiana kanału

Wielowarstwowe

- ▶ Integracja wielu warstw technologicznych:
 - ▶ WDM, Carrier Ethernet, OTN TDM

Wieloobszarowe

- ▶ Duże i złożone sieci transportowe, a skalowalność
- ▶ Spinanie wysp i mniejszych obszarów sieci

Heterogeniczne

- ▶ Ustandaryzowane protokoły, testy producentów sprzętu
 - ▶ Rdzeń oparty na GMPLS, zgodność z OIF i ASON

Wzrasta przepustowość i inteligencja w sieci



Ochrona serwisów

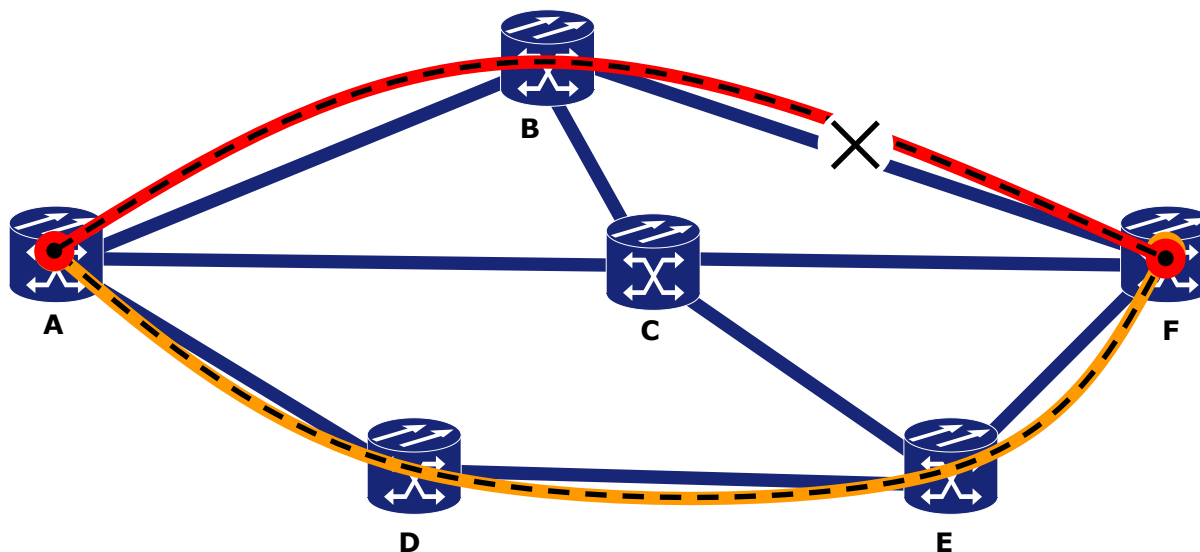
▶ Protekcja

- ▶ Serwis roboczy chroni dedykowany serwis protekcyjny
- ▶ Wykrycie awarii i przełączenie ruchu realizowane jest sprzętowo
- ▶ Wsparcie płaszczyzny sterowania
 - ▶ Zestawienie serwisów roboczych i protekcyjnych, konfiguracja protekcji
 - ▶ Brak działań przy wykryciu awarii i przełączeniu ruchu
- ▶ Awaria wykrywana po ok. 10ms, przełączenie po < 50ms




▶ Restoracja

- ▶ Serwis zastępczy tworzony jest jedynie w przypadku awarii
- ▶ Wsparcie płaszczyzny sterowania
 - ▶ Monitorowanie zasobów transportowych używanych przez serwis
 - ▶ Lokalizacja awarii z dokładnością do linku/zasobu
 - ▶ Obliczenie ścieżki serwisu omijającej awarię
 - ▶ Utworzenie serwisu zastępczego
 - ▶ Po utworzeniu serwisu zastępczego może usunąć serwis pierwotny
- ▶ Czas przełączenia ruchu porównywalny z czasem tworzenia nowego serwisu

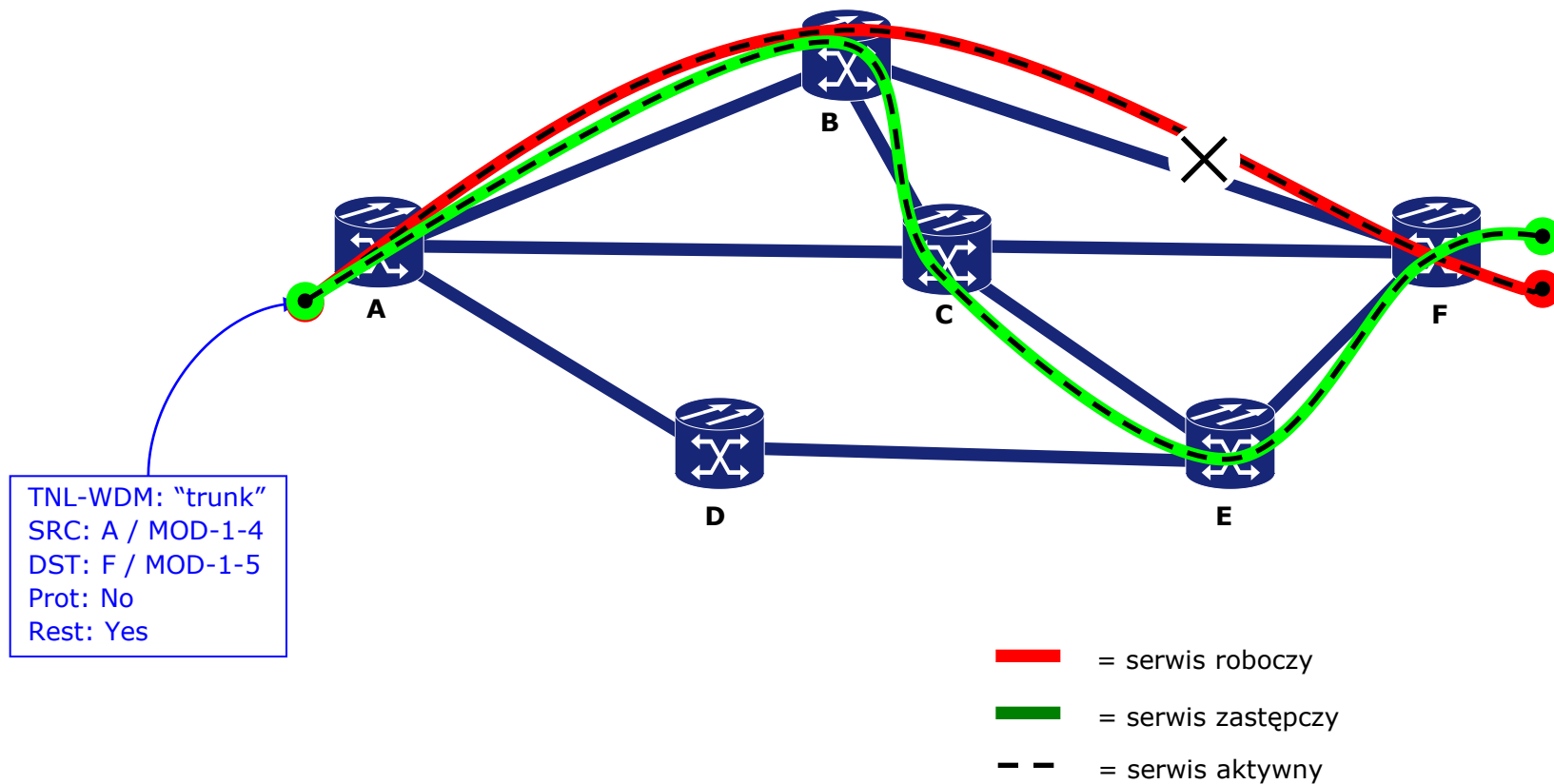
Ochrona serwisów: protekcja



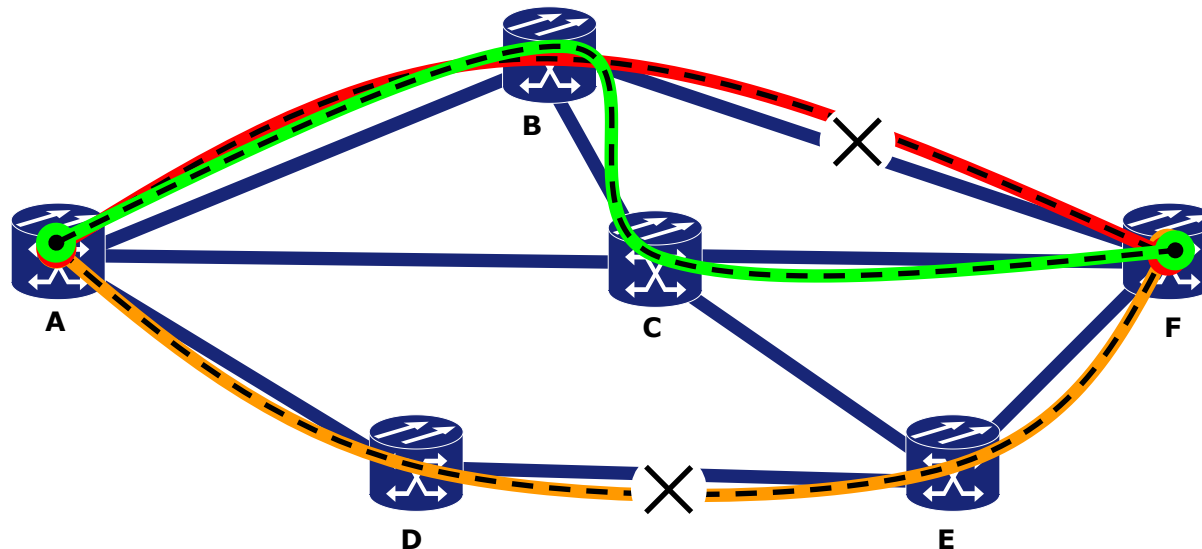
TNL-WDM: "trunk"
SRC: A / MOD-1-4
DST: F / MOD-1-5
Prot: Yes
Rest: No

-  = serwis roboczy
-  = serwis protekcyjny
-  = serwis aktywny





Ochrona serwisów: restoracja



Ochrona przed wieloma awariami: protekcja + restoracja



TNL-WDM: "trunk"
SRC: A / MOD-1-4
DST: F / MOD-1-5
Prot: Yes
Rest: Yes

-  = serwis roboczy
-  = serwis protekcyjny
-  = serwis zastępczy
-  = serwis aktywny

Współczesne sieci transportowe

Wielostopniowe

- ▶ Zintegrowany WSS: topologie mesh
- ▶ Przestrajalne urządzenia końcowe i regeneratory

Wielousługowe

- ▶ Automatyczna restoracja poprzez płaszczyznę sterowania
 - ▶ Wykrywanie awarii, dynamiczna zmiana kanału

Heterogeniczne

- ▶ Ustandaryzowane protokoły, testy producentów sprzętu
 - ▶ Rdzeń oparty na GMPLS, zgodność z OIF i ASON

Wielowarstwowe

- ▶ Integracja wielu warstw technologicznych:
 - ▶ WDM, Carrier Ethernet, OTN TDM

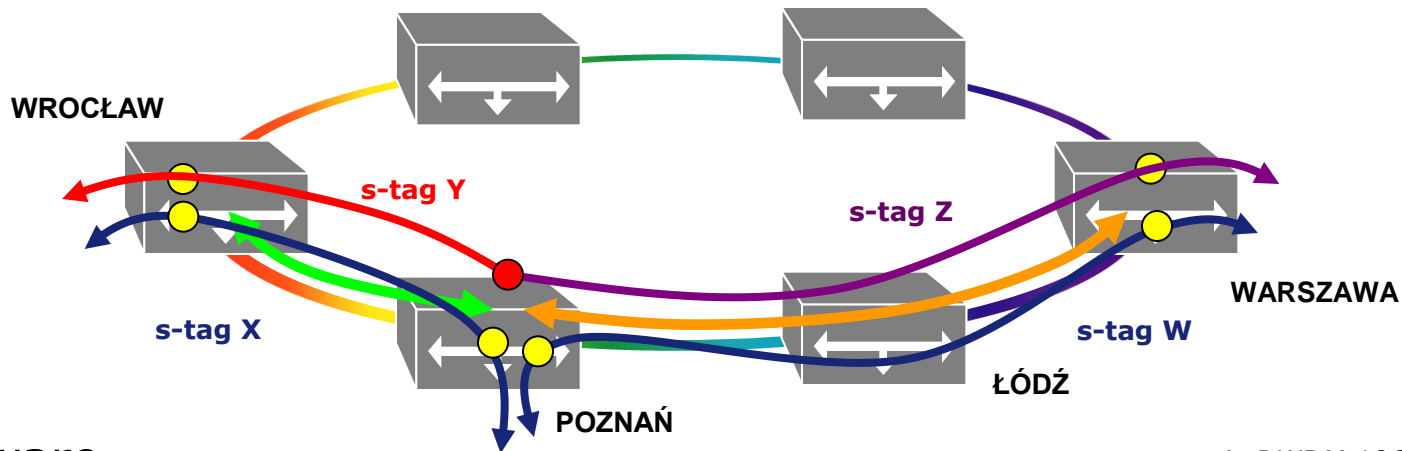
Wieloobszarowe

- ▶ Duże i złożone sieci transportowe, a skalowalność
- ▶ Spinanie wysp i mniejszych obszarów sieci

Wzrasta przepustowość i inteligencja w sieci



Wielowarstowość - przykład: DWDM + Ethernet



▶ Hardware

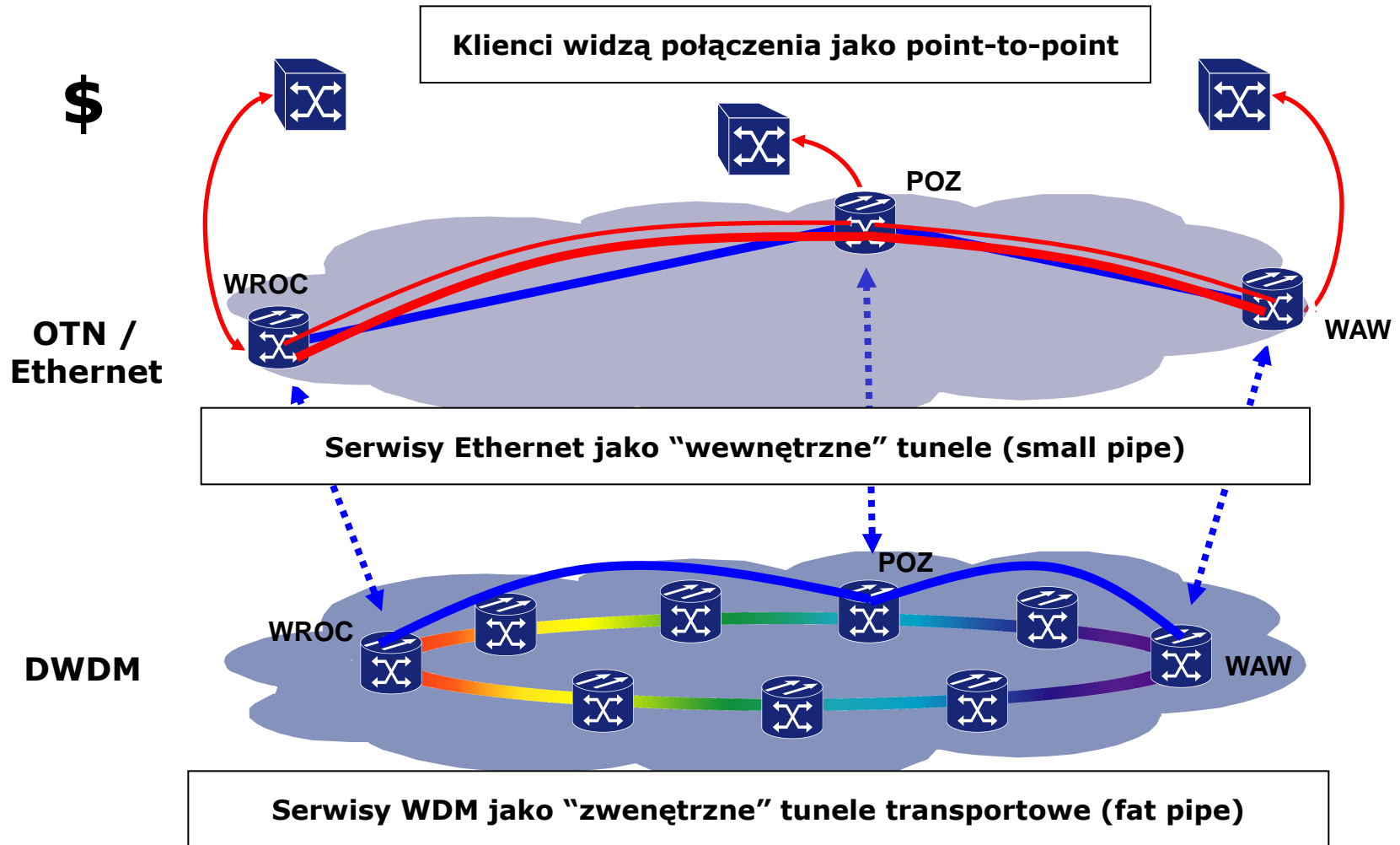
- ▶ Transport optyczny DWDM
- ▶ Zintegrowane przełączanie w warstwie Ethernet
 - ▶ Operacja „Push/pop s-tag” na el. końcowych
 - ▶ Operacja „zamień s-tag” na el. tranzytowych

- = serwis DWDM 10Gb, lambda A
- = Serwis DWDM 10Gb, lambda B
- = serwis w L2 1Gb, s-tag X i W
- = serwis w L2 2Gb, s-tag Y + Z
- = zamień tag (Y na Z)
- = dodaj/zdejmij s-tag

▶ Płaszczyzna sterowania

- ▶ Serwisy optyczne zestawiane przez GMPLS; etykieta = lambda
- ▶ Serwisy Ethernet także zestawiane przez GMPLS; etykieta = S-tag
 - ▶ Wsparcie dla zmiany S-stagu na ścieżce

Sterowanie w sieciach wielowarstwowych



= FSP3000 R7, z WDM + xPCA

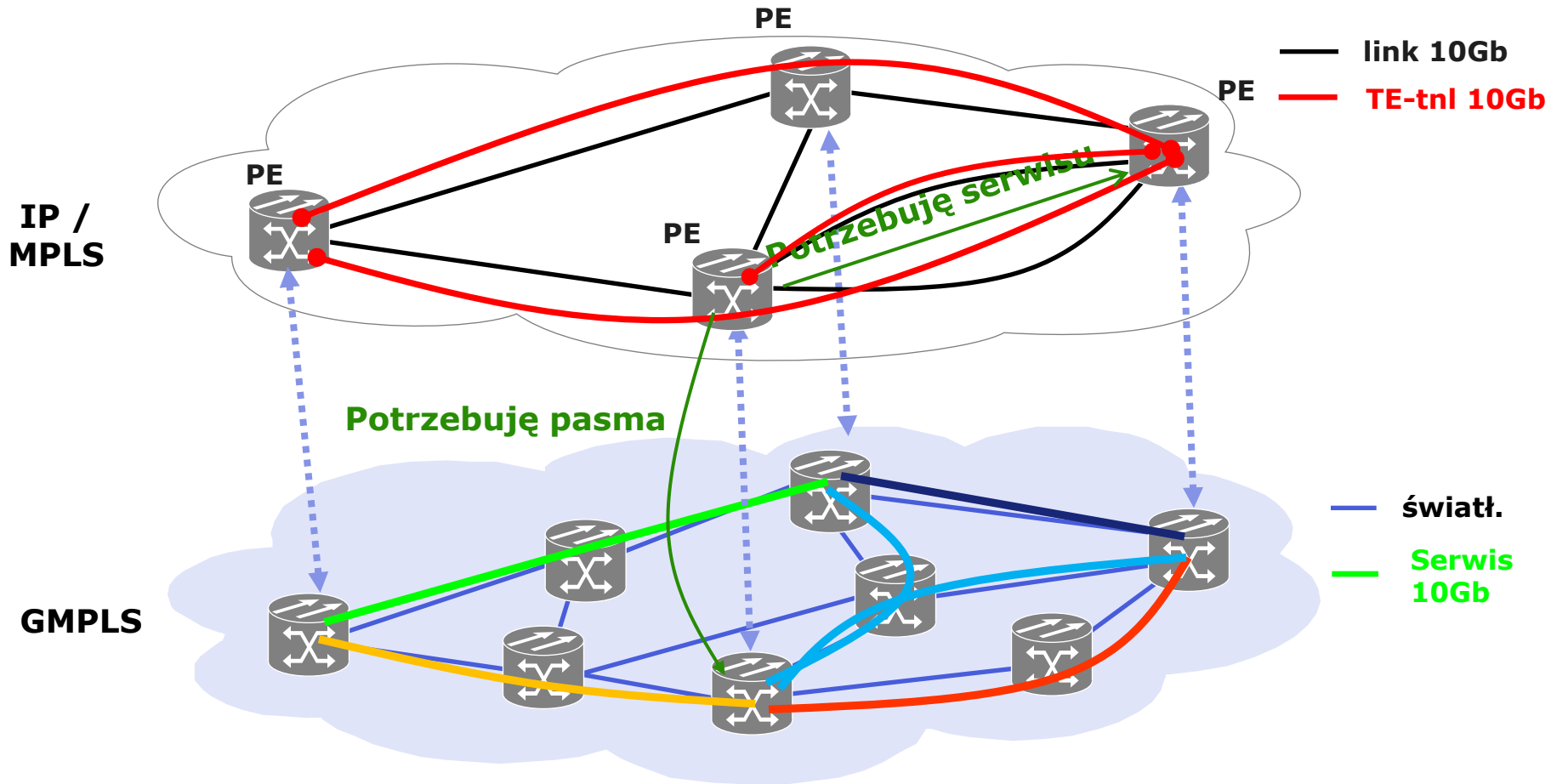
\$ = klient

■ = 10Gb

■ = 2Gb

— = 1Gb

Kooperacja MPLS + GMPLS



Współczesne sieci transportowe

Wielostopniowe

- ▶ Zintegrowany WSS: topologie mesh
- ▶ Przestrajalne urządzenia końcowe i regeneratory

Wielousługowe

- ▶ Automatyka restoracja poprzez płaszczyznę sterowania
 - ▶ Wykrywanie awarii, dynamiczna zmiana kanału

Heterogeniczne

- ▶ Ustandaryzowane protokoły, testy producentów sprzętu
 - ▶ Rdzeń oparty na GMPLS, zgodność z OIF i ASON

Wielowarstwowe

- ▶ Integracja wielu warstw technologicznych:
 - ▶ WDM, Carrier Ethernet, OTN TDM

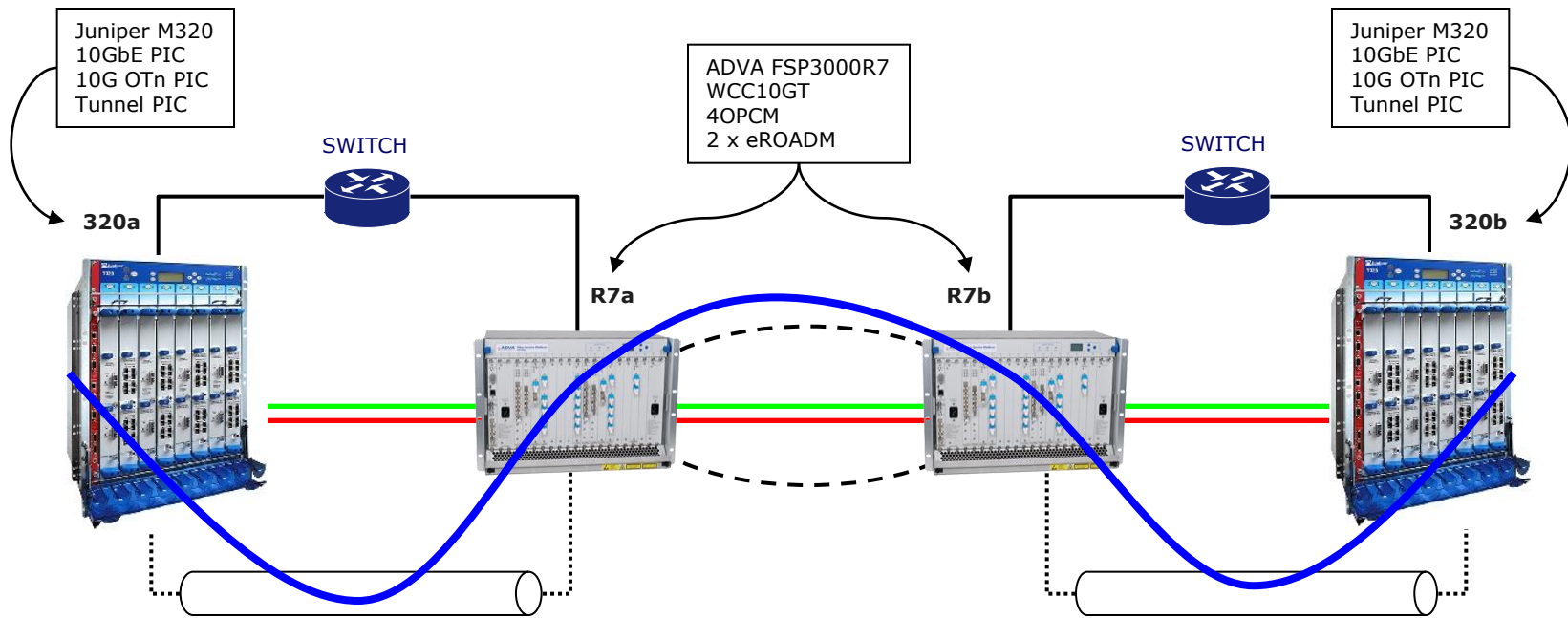
Wieloobszarowe

- ▶ Duże i złożone sieci transportowe, a skalowalność
- ▶ Spinanie wysp i mniejszych obszarów sieci

Wzrasta przepustowość i inteligencja w sieci



Juniper – ADVA



— = 10GbE / STM64 na 1310nm do WCC-PCTN-10G

— = OTn DWDM do 4OPCM lub eROADM

— = RSVP-TE, OSPF-TE

— = 10/100 eth (fe0, eth0)

.... = tunel GRE

- - = OSC

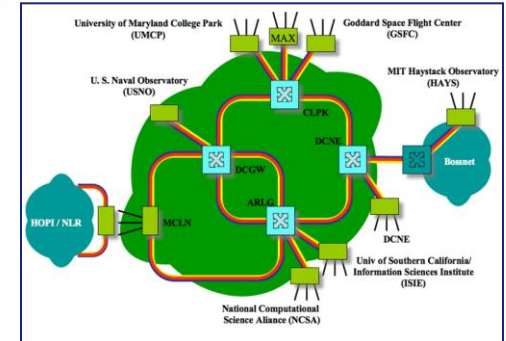
Kompatybilność GMPLS: Projekty badawcze



Dynamic Resource Allocation via GMPLS Optical Networks

“The DRAGON project is conducting research ... to **enable dynamic provisioning of network resources on an inter-domain basis across heterogeneous network technologies.**”

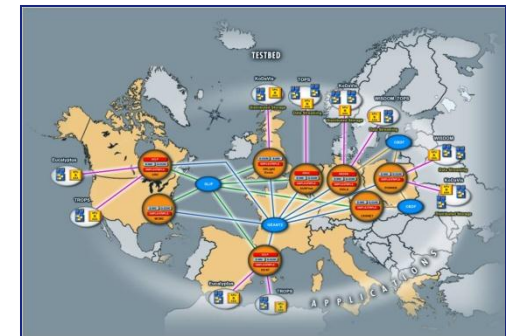
Źródło: <http://dragon.maxgigapop.net>



Lambda User Controlled Infrastructure for European Research

“The [Phosphorus] project ... enable[s] **on-demand end-to-end network services across multiple domains.**”

Źródło: IST-Integrated Phosphorus 3rd Annual Activity Report, 034115

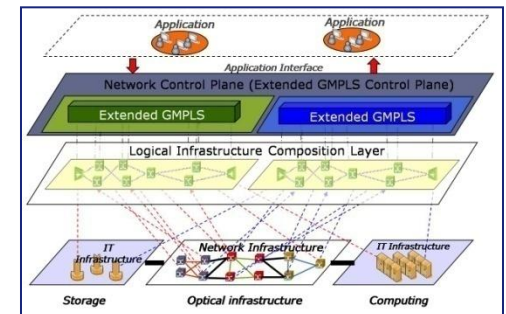


Generalized Architecture for Dynamic Infrastructure Services

www.ist-geysers.eu

“... In GEYSERS, high-end **IT resources** at users' premises **are fully integrated with the network services ...**”

Źródło: FP7 ICT Objective 1.1 The Network of the Future



ADVANCE

wdoonan@advaoptical.com

pbrzozowski@advaoptical.com

IMPORTANT NOTICE

The content of this presentation is strictly confidential. ADVA Optical Networking is the exclusive owner or licensee of the content, material, and information in this presentation. Any reproduction, publication or reprint, in whole or in part, is strictly prohibited.

The information in this presentation may not be accurate, complete or up to date, and is provided without warranties or representations of any kind, either express or implied. ADVA Optical Networking shall not be responsible for and disclaims any liability for any loss or damages, including without limitation, direct, indirect, incidental, consequential and special damages, alleged to have been caused by or in connection with using and/or relying on the information contained in this presentation.

Copyright © for the entire content of this presentation: ADVA Optical Networking.

ADVANCE

Slajdy zapasowe

IMPORTANT NOTICE

The content of this presentation is strictly confidential. ADVA Optical Networking is the exclusive owner or licensee of the content, material, and information in this presentation. Any reproduction, publication or reprint, in whole or in part, is strictly prohibited.

The information in this presentation may not be accurate, complete or up to date, and is provided without warranties or representations of any kind, either express or implied. ADVA Optical Networking shall not be responsible for and disclaims any liability for any loss or damages, including without limitation, direct, indirect, incidental, consequential and special damages, alleged to have been caused by or in connection with using and/or relying on the information contained in this presentation.

Copyright © for the entire content of this presentation: ADVA Optical Networking.

Transport Elements Today

Multi-Degree

- ▶ Integrated WSS: Mesh networking, agile endpoint selection, tunable origination and regeneration

Multi-Layer

- ▶ Flexible, agile WDM transport layer, integrated Carrier-class Ethernet layer, integrated OTn TDM layer

Multi-Region

- ▶ Transport networks growing in size and complexity
- ▶ Formerly islands, regional networks are linking up

Multi-Service

- ▶ Automated Restoration via Control Plane mechanisms
 - ▶ Fault detection/reporting, dynamic channel re-route

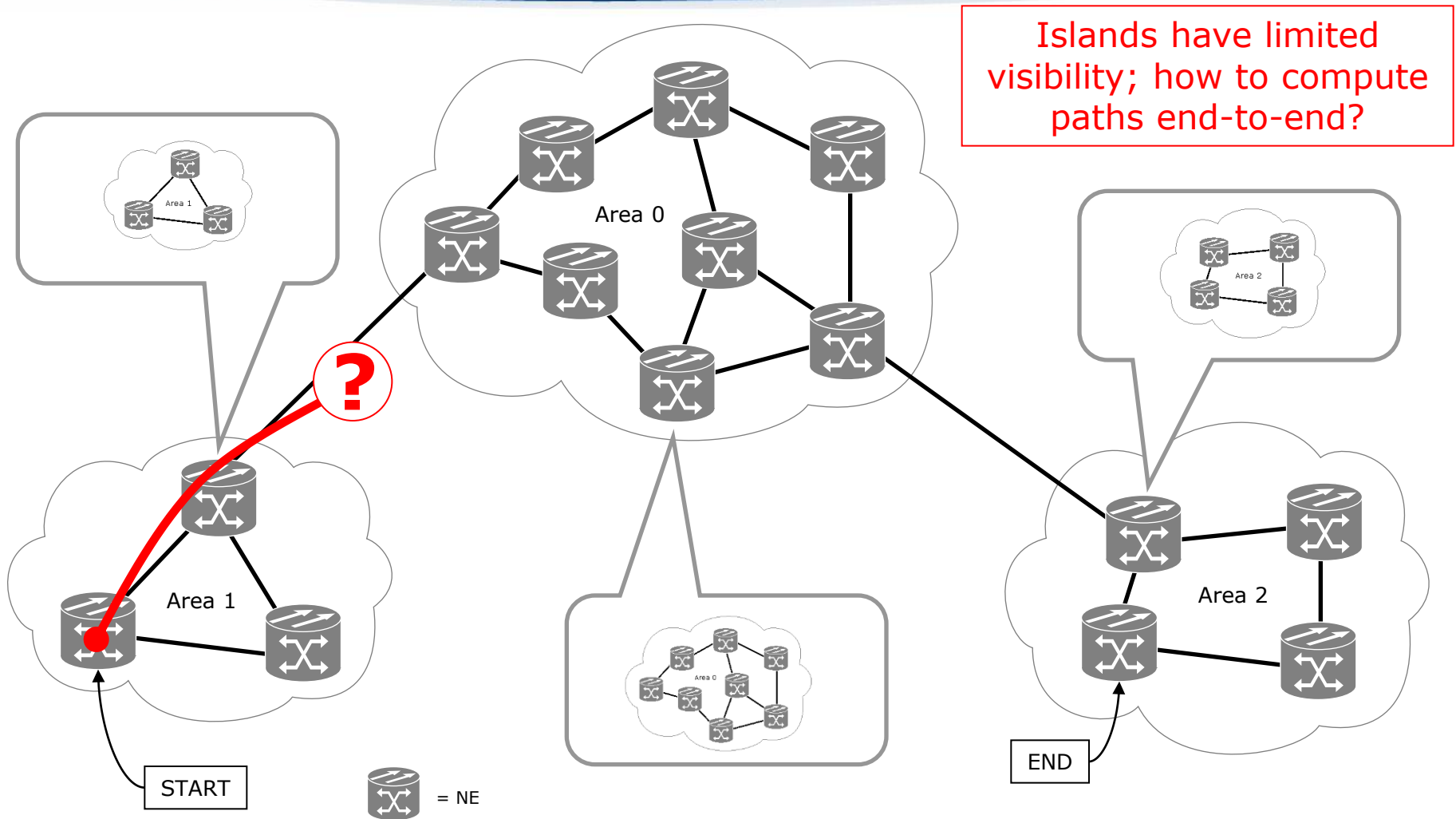
Multi-Vendor

- ▶ Protocol standardization, proven Interoperability
 - ▶ GMPLS core, OIF & ASON compatibility

Transport Elements
Gaining in Capability,
Intelligence



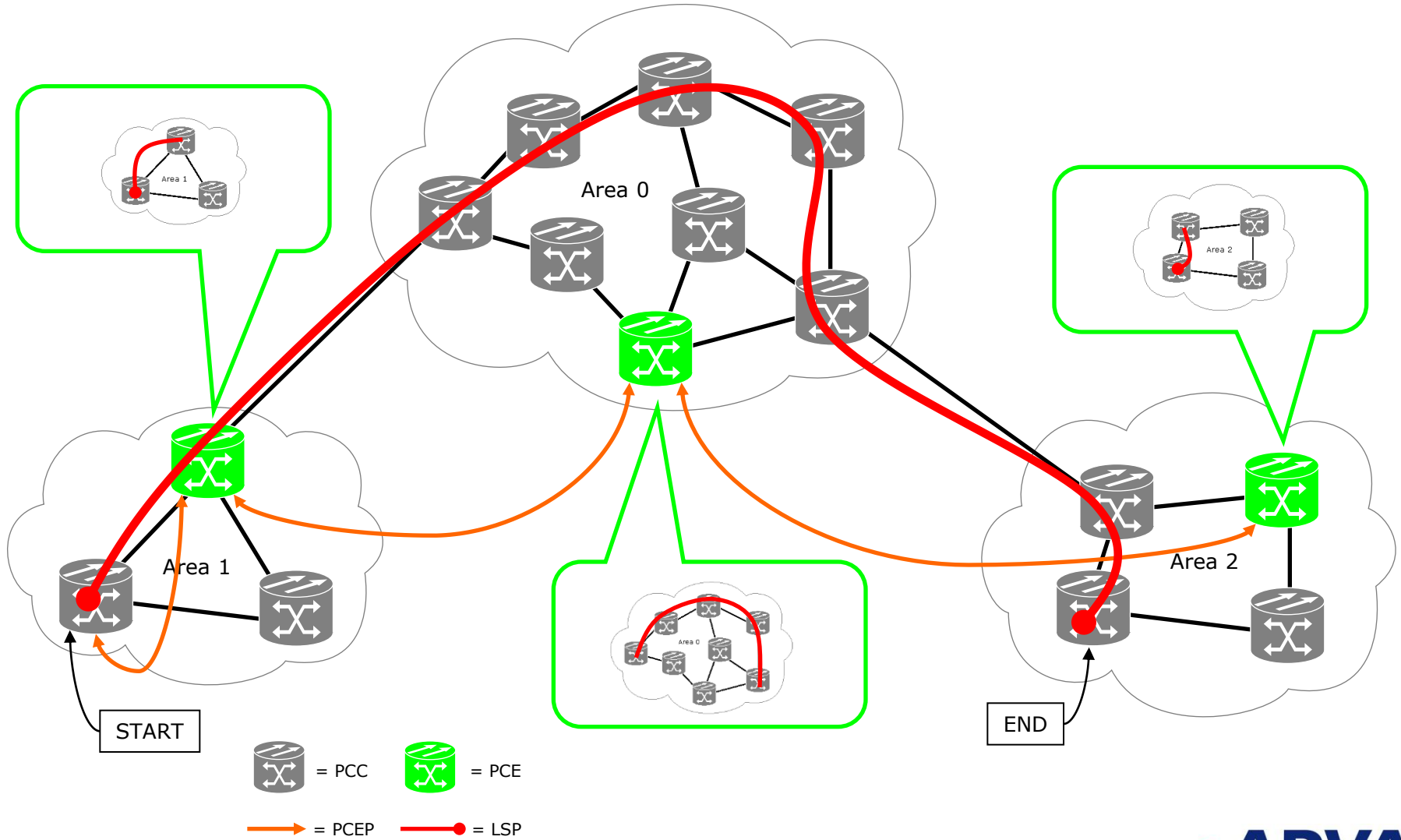
Transport Islands



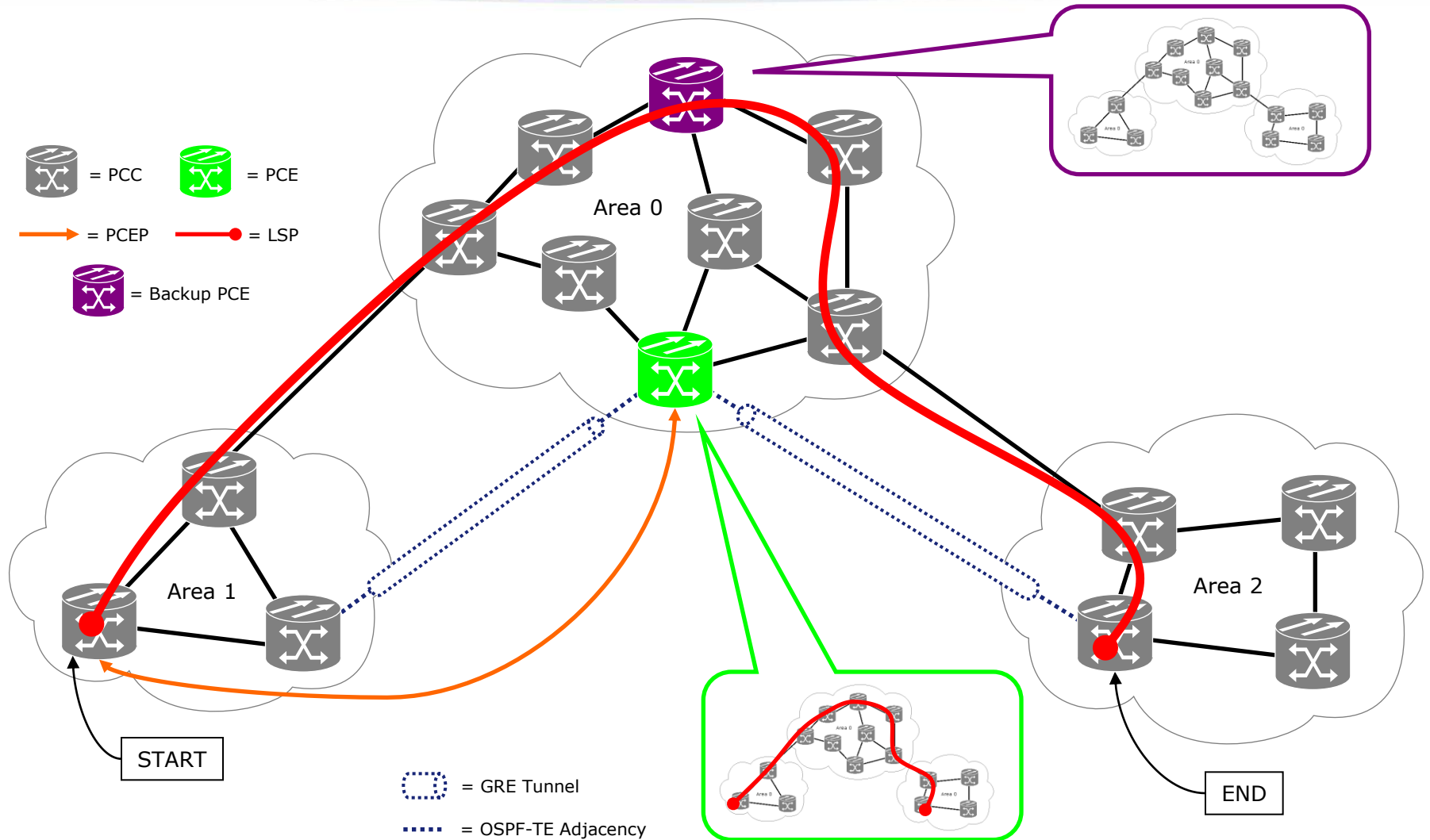
IETF PCE Architecture

- ▶ Architecture
 - ▶ Separate where computation is *needed* from where it is *performed*
 - ▶ End-to-end computation across otherwise-disjoint regions
- ▶ Path Computation Client (PCC)
 - ▶ Entity requesting path computation services
 - ▶ Input: <request type, ingress/egress, constraints ...>
 - ▶ Output: <explicit path description>
 - ▶ With standardized architecture, any element can be a PCC
 - ▶ Network elements, Network management systems
 - ▶ Diagnostic tools
 - ▶ Other PCEs (see below)
- ▶ Path Computation Element (PCE)
 - ▶ Entity performing path computations on behalf of PCCs
 - ▶ Accesses network topology + capabilities data (e.g. via TEDB)
 - ▶ Performs graph-theoretic computations using that data
 - ▶ If full topology not locally known, can act as PCC to other PCEs
 - ▶ Calls other PCEs to generate full end-to-end path

Distributed PCE



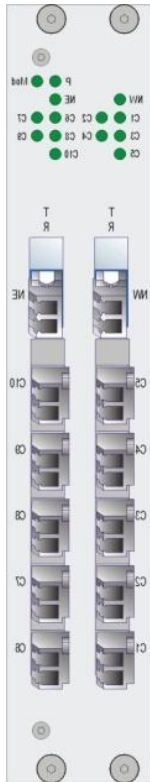
Centralized PCE



Control Plane Support

- ▶ IETF PCE Architecture provides basic toolbox
 - ▶ Separates PCC from PCE, standardized protocol (RFC 5440)
- ▶ Toolbox approach allows many deployment options
 - ▶ Distributed, centralized, hybrid approaches
 - ▶ Standards-based and interoperable
- ▶ Standards are Done, RFCs issued
 - ▶ RFC4655 – PCE Architecture
 - ▶ RFC4657 – PCE Protocol Requirements
 - ▶ RFC4927 – PCE Protocol Requirements for Multi-Area
 - ▶ RFC5440 – PCE Protocol Specification

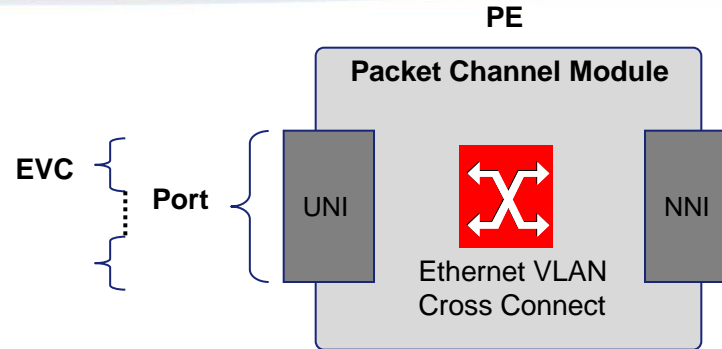
Integrated Layer 2 Switching



**Aggregation
(PE)**



**Switching
(P)**



- ▶ Aggregation/Switching of Ethernet flows
 - ▶ PE: 10x1GbE + 2x10GbE ports
 - ▶ P: 4x10GbE ports
- ▶ Full set of VLAN tagging capabilities
 - ▶ C-tag, S-tag, tag swapping, etc
- ▶ All interfaces pluggable (SFP/XFP)

Switch-on-a-Card

EVC Cross-Connect

- ▶ As in SONET/SDH networks with multiple switching layers, now Optical Cross Connects (ROADMs) act as coarse-grained crossconnects and Ethernet VLAN Cross Connects act as fine-grained crossconnects
- ▶ A highly efficient environment to provide Traffic-Engineered Transport Ethernet Services

