

PŘEPÍNÁNÍ A SMĚROVÁNÍ OPTICKÝCH SIGNÁLŮ – JE UŽ TO TADY?

Anton Kuchar

Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR v.v.i.,
Chaberská 57, 182 51 Praha 8, kuchar@ufe.cz

PŘEPÍNÁNÍ A SMĚROVÁNÍ OPTICKÝCH SIGNÁLŮ - JE UŽ TO TADY?

Obsah přednášky

- 1. Úvod**
- 2. Přepojování optických signálů**
 - 1. Přepojování optických okruhů**
 - 2. Přepojování optických paketů**
- 3. Směrování optických signálů**
- 4. Závěr**

1. Úvod

- Exponenciální nárůst provozu v telko sítích stále pokračuje – až 40% ročně: Video komunikace, "cloud computing" , ŠP připojky k Internetu (pevné i mobilní)
- Využití přenos. C jednotlivých SV se blíží teor. limitu: 100 Gb/s a více na 1 vlnové délce.
- Všechny služby migrují na Internet. Nespojité toky
- Úzká místa: Uzly sítě. Elektronika lapá po dechu – nestíhá, velká spotřeba energie. Optiku i do uzlů?

2. Přepojování optických signálů

Přepojování signálů **v optickém tvaru:**

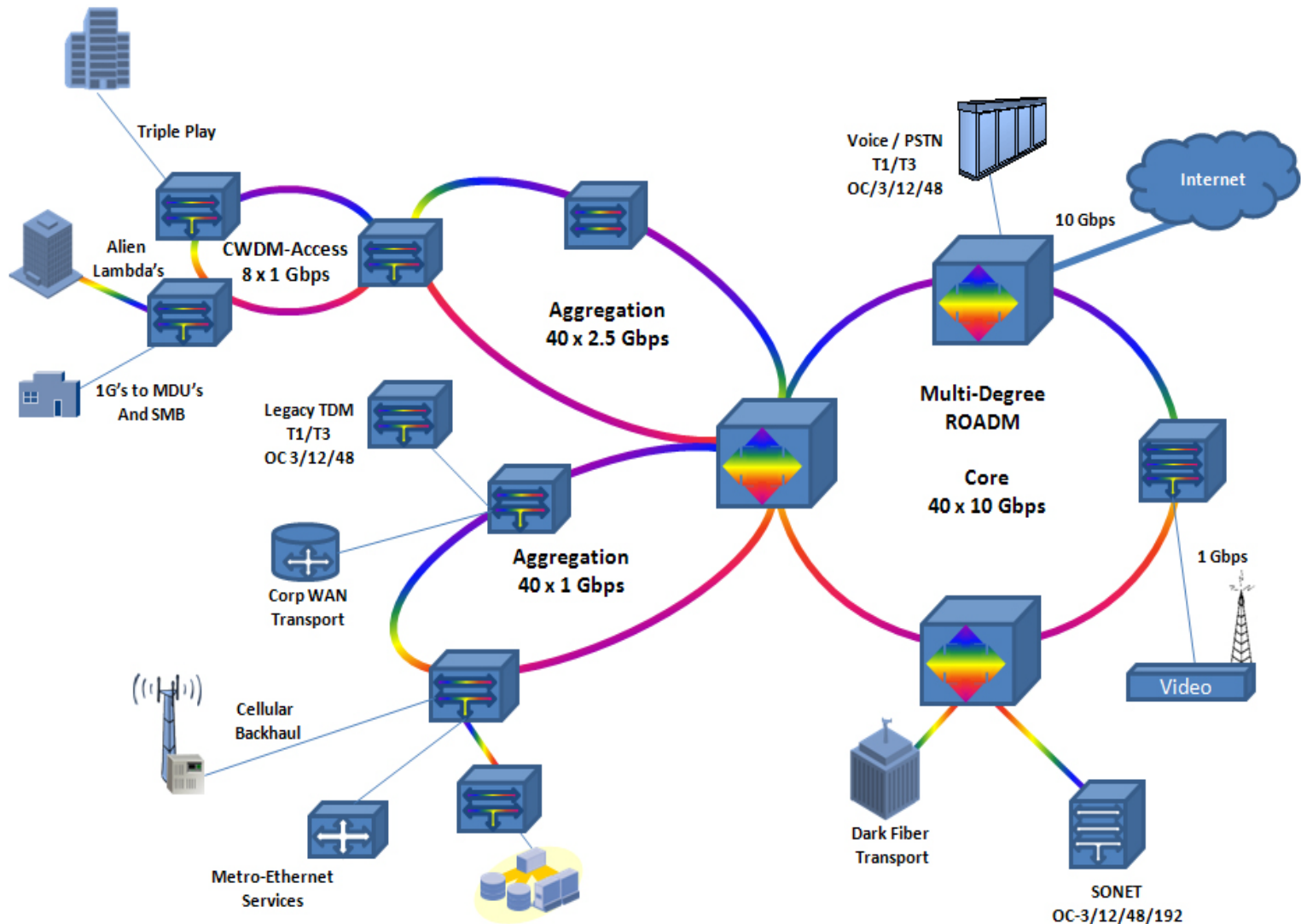
- Přepojování **okruhů** ("Optical Circuit Switching", OCS) na úrovni vlnových délek v sítích využívajících DWDM
- Přepojování **paketů** ("Optical Packet Switching", OPS), resp. jejich skupin ("dávek" - "Optical Burst Switching", OBS).

2.1. Přepojování optických okruhů (1)

- Optické okruhy se zřizují na úrovni vlnových délek
- Klíčové prvky v uzlech sítí:
 - WDM de/multiplexory
 - Optické spínače (spínací pole, matice)
 - Vlnově selektivní prvky (zejm. přeladitelné filtry, zdroje záření, přijímače)
- Dva druhy optických prepínačů:
 - Optické ADM (OADM, vy/začleňují λ z/do sig.toku)
 - Optické křížové prepínače (OXC, křížovatka, každý vstup s každým výstupem)

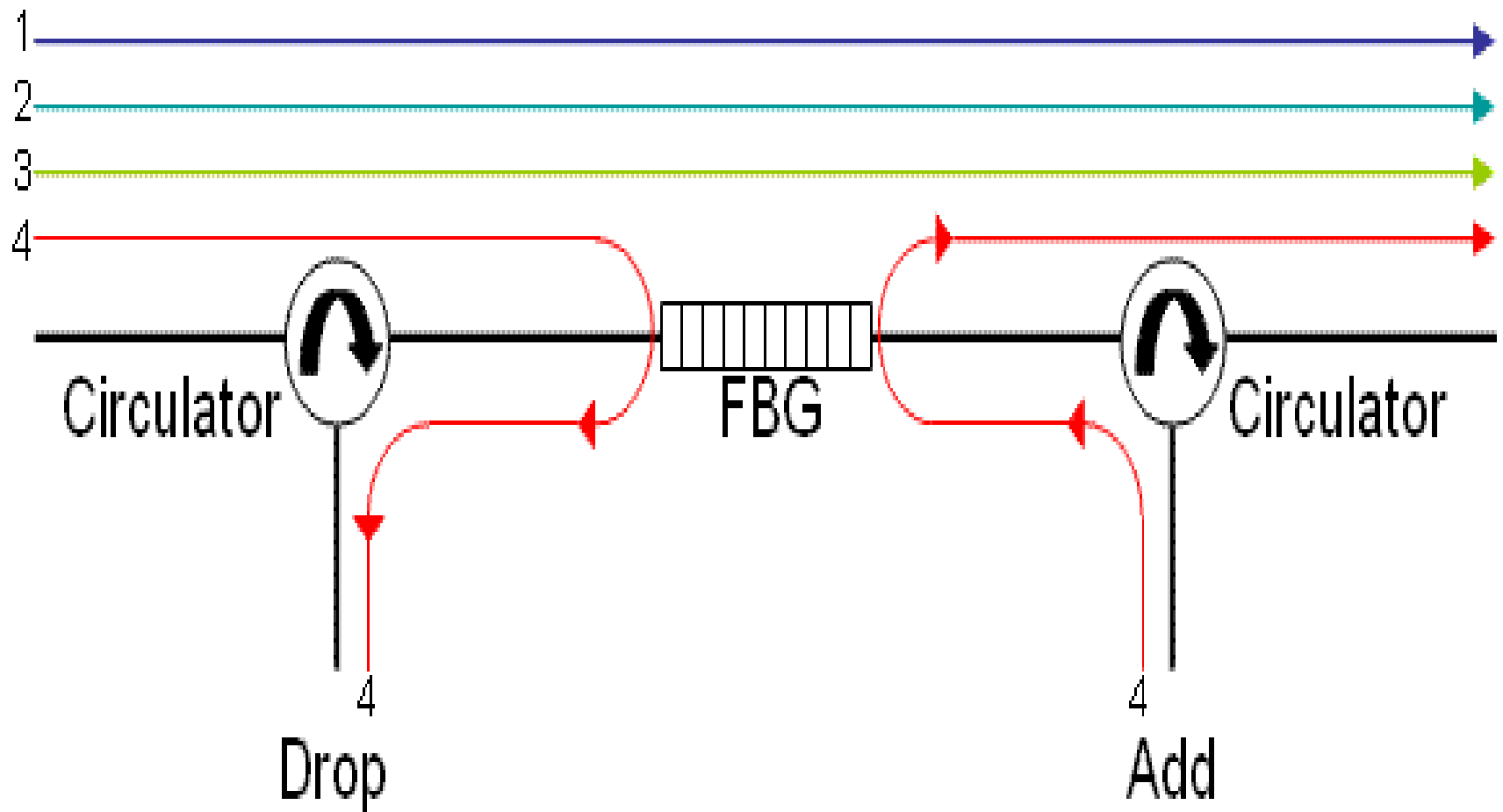
2.1. Přepojování optických okruhů (2)

Typická síť využívající OADM



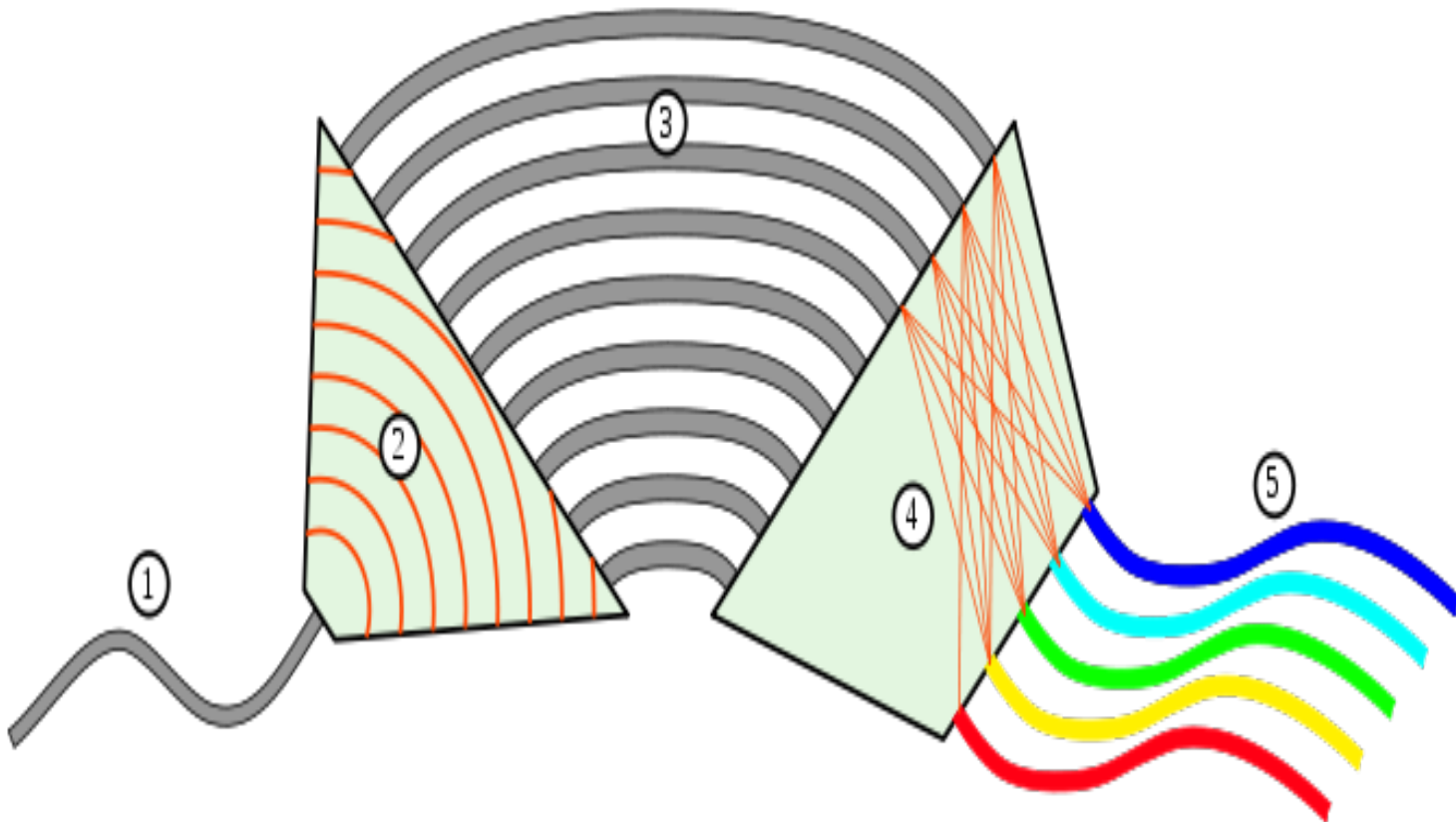
2.1. Přepojování optických okruhů (3)

Pasivní vlnově selektivní prvky v OADM: Braggova mřížka



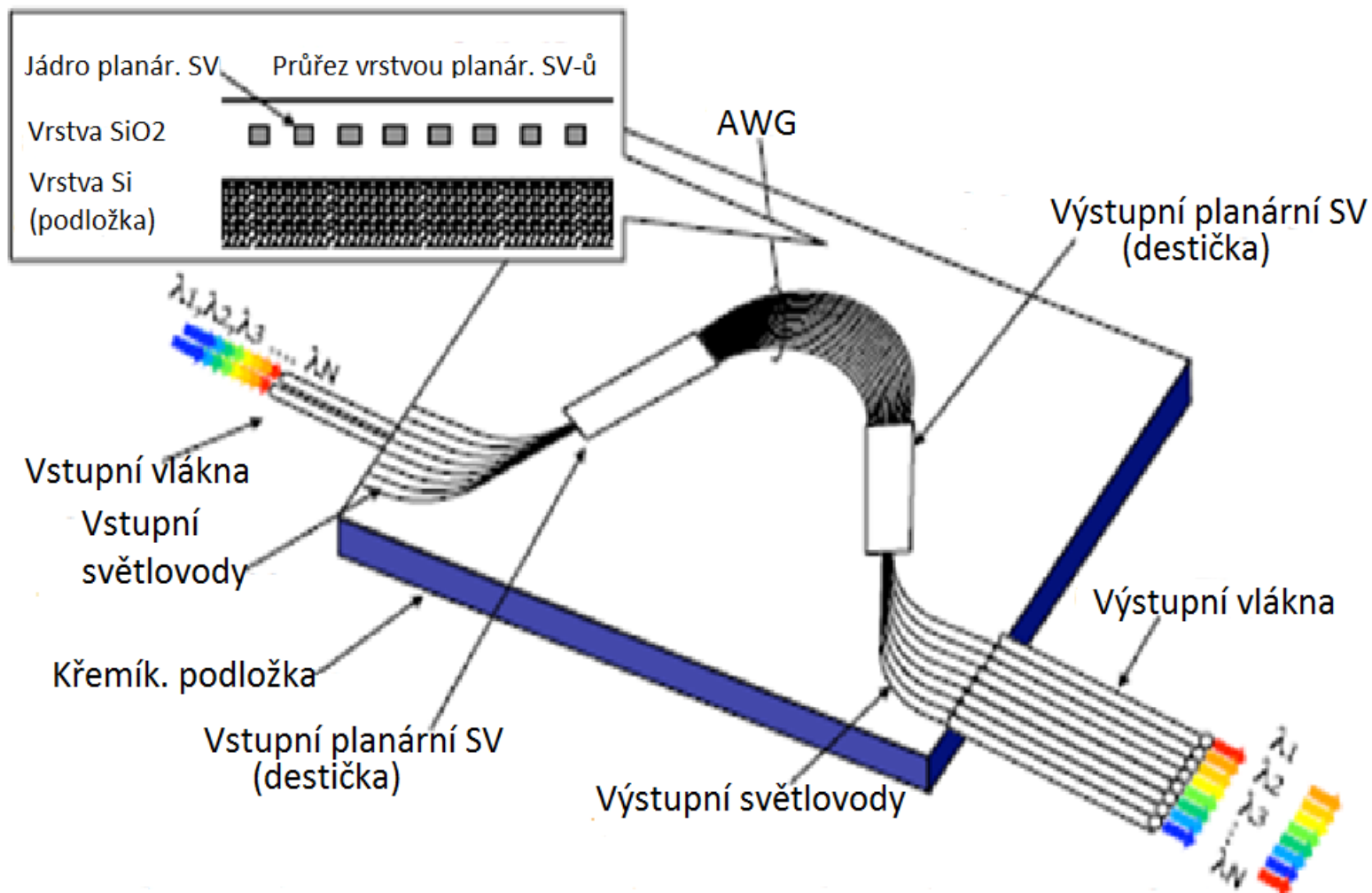
2.1. Přepojování optických okruhů (4)

Pasivní vlnově selektivní prvky v OADM: Fázované řady planárních optických vlnovodů (Arrayed waveguide gratings, AWG)



2.1. Přepojování optických okruhů (5)

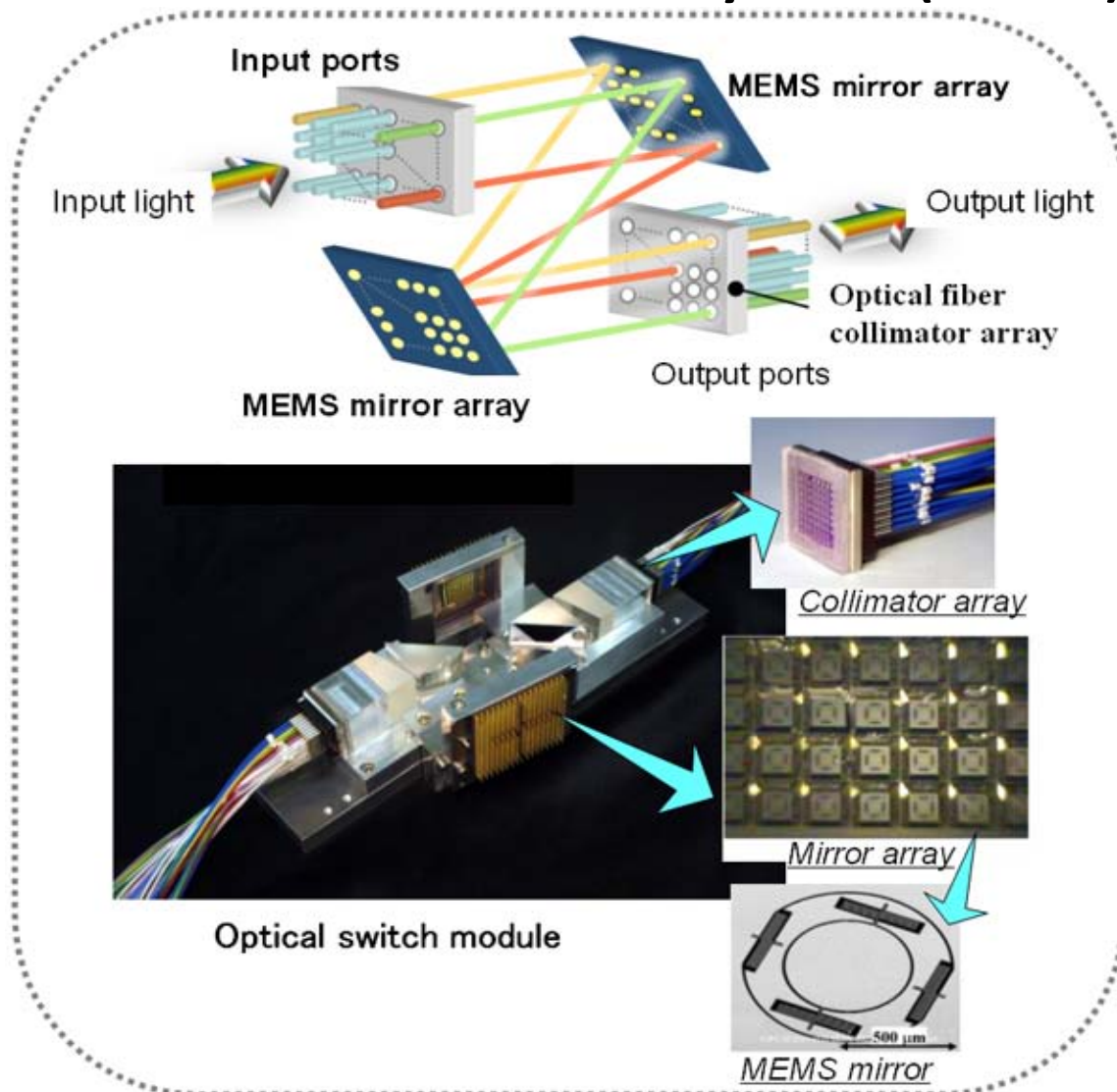
Pasivní vlnově selektivní prvky v OADM: AWG ve funkci vlnového demultiplexoru



2.1. Přepojování optických okruhů (6)

Druhá generace OADM: Rekonfigurovatelné (ROADM).

Prvky: MicroElectroMechanical Systems (MEMS)



2.1. Přepojování optických okruhů (7)

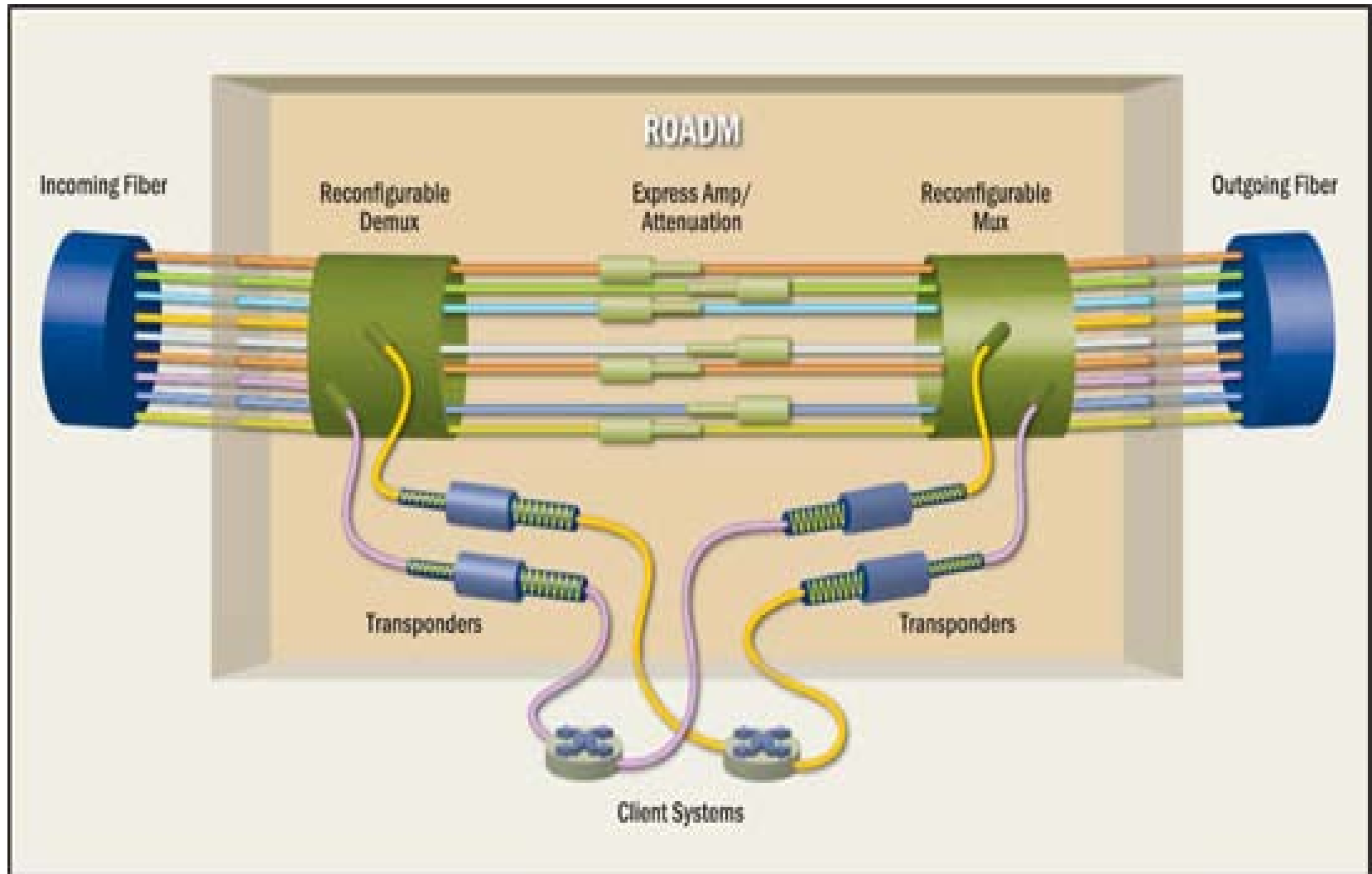
Druhá generace OADM: Rekonfigurovatelné (ROADM).

Prvky: MicroElectroMechanical Systems (MEMS) - detail



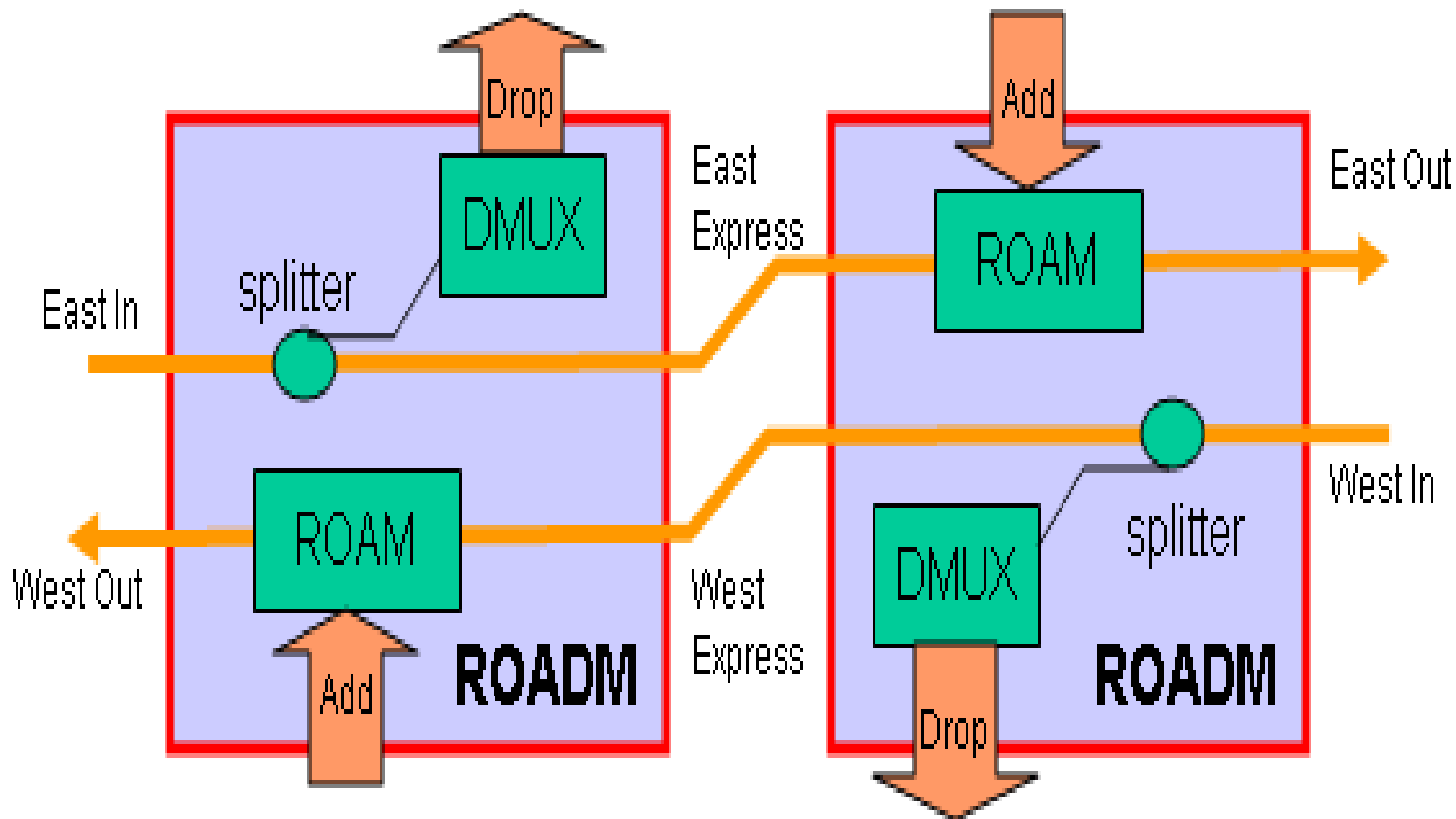
2.1. Přepojování optických okruhů (8)

Ilustrace činnosti ROADM v uzlu sítě



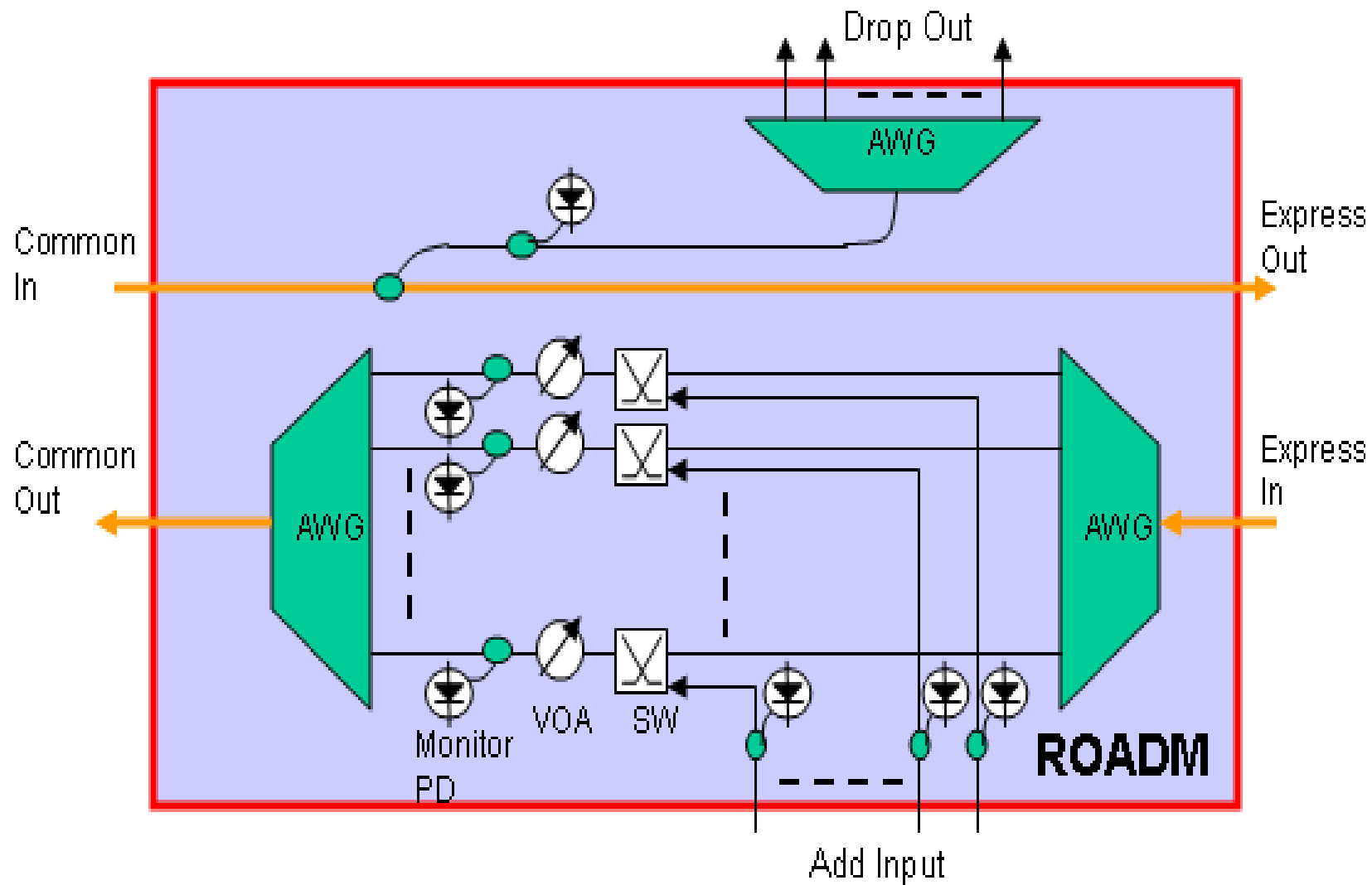
2.1. Přepojování optických okruhů (9)

ROADM modul v metropolitní síti



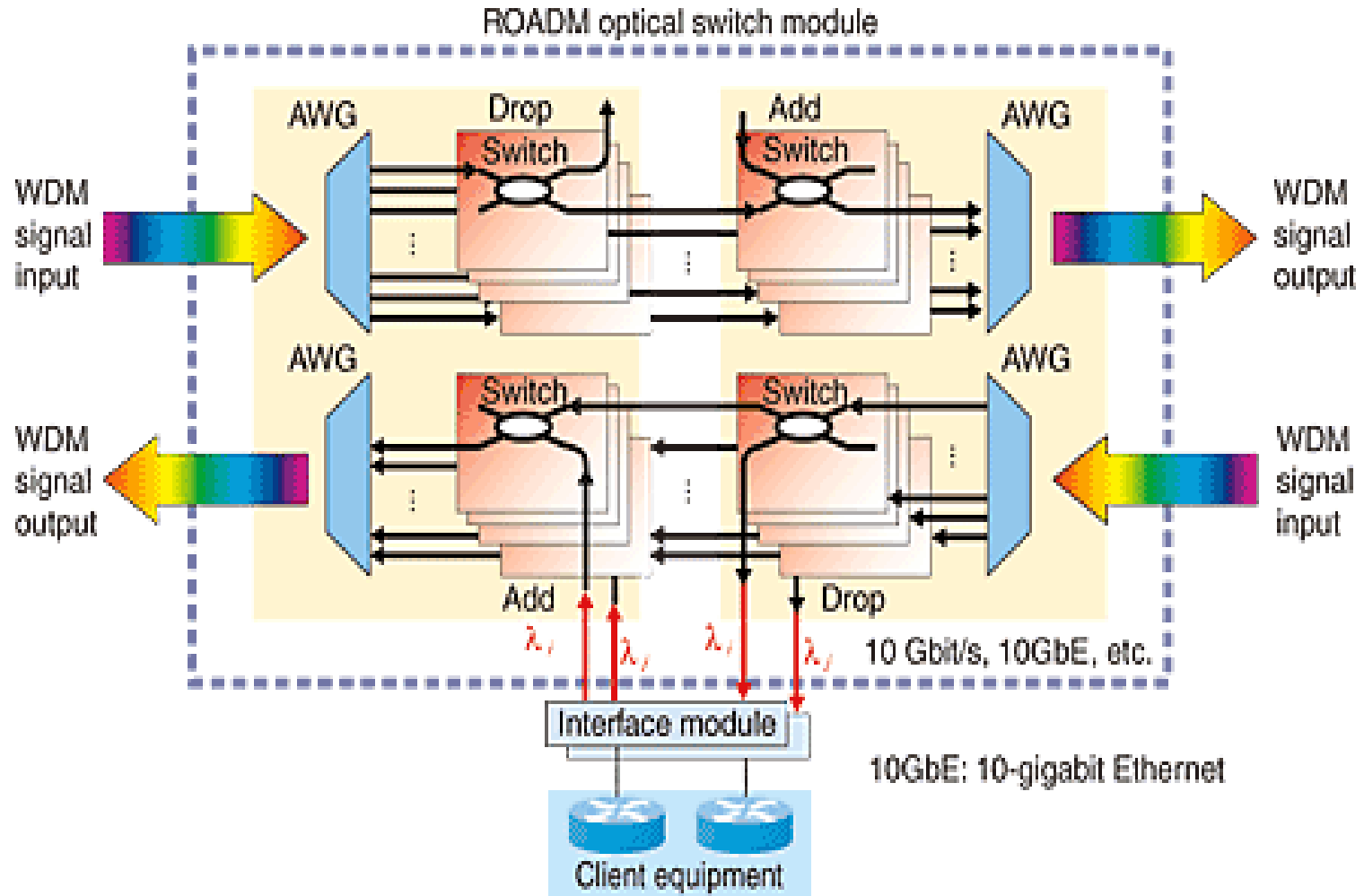
2.1. Přepojování optických okruhů (10)

ROADM modul v metropolitní síti - detail



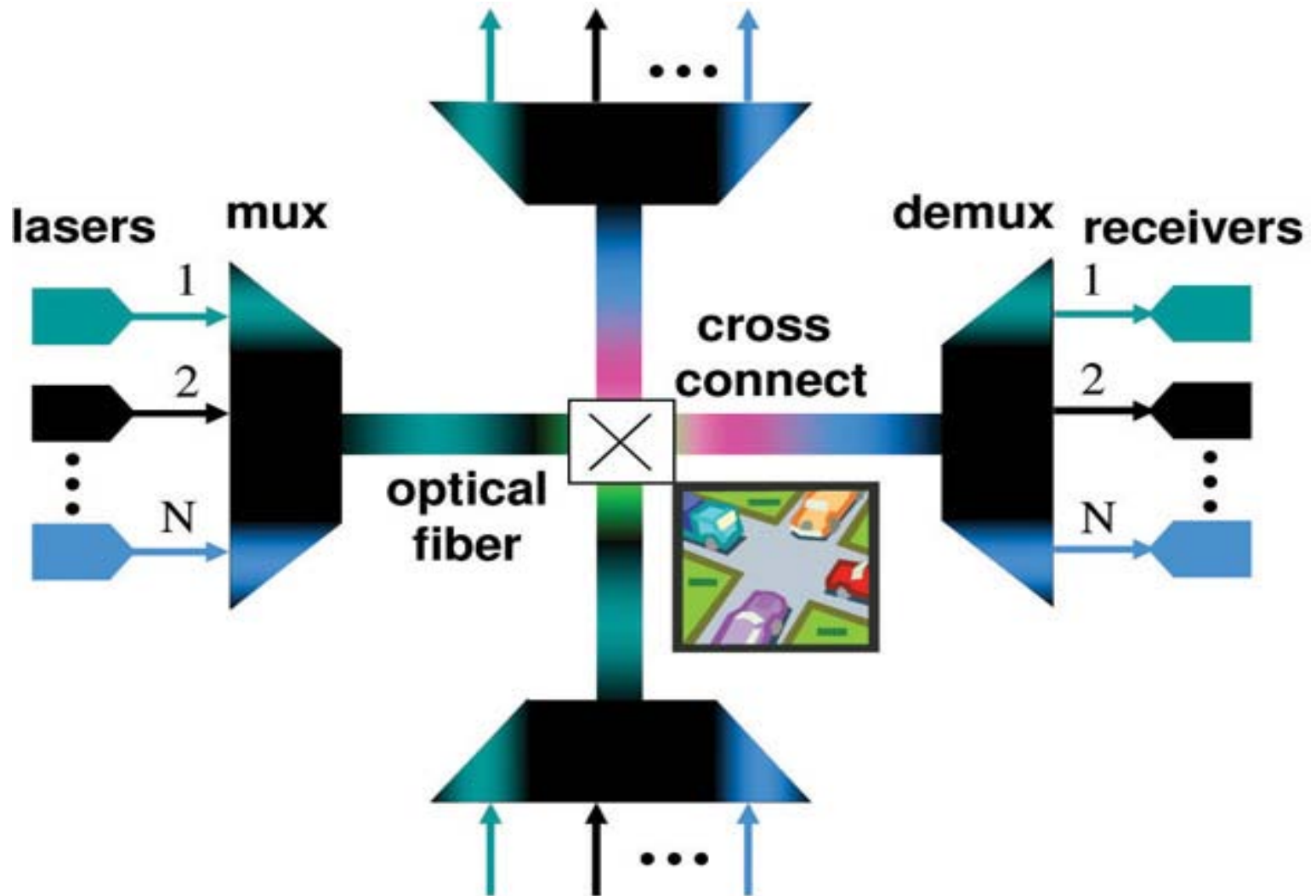
2.1. Přepojování optických okruhů (11)

Typická konfigurace spínacího modulu ROADMu v OMANu



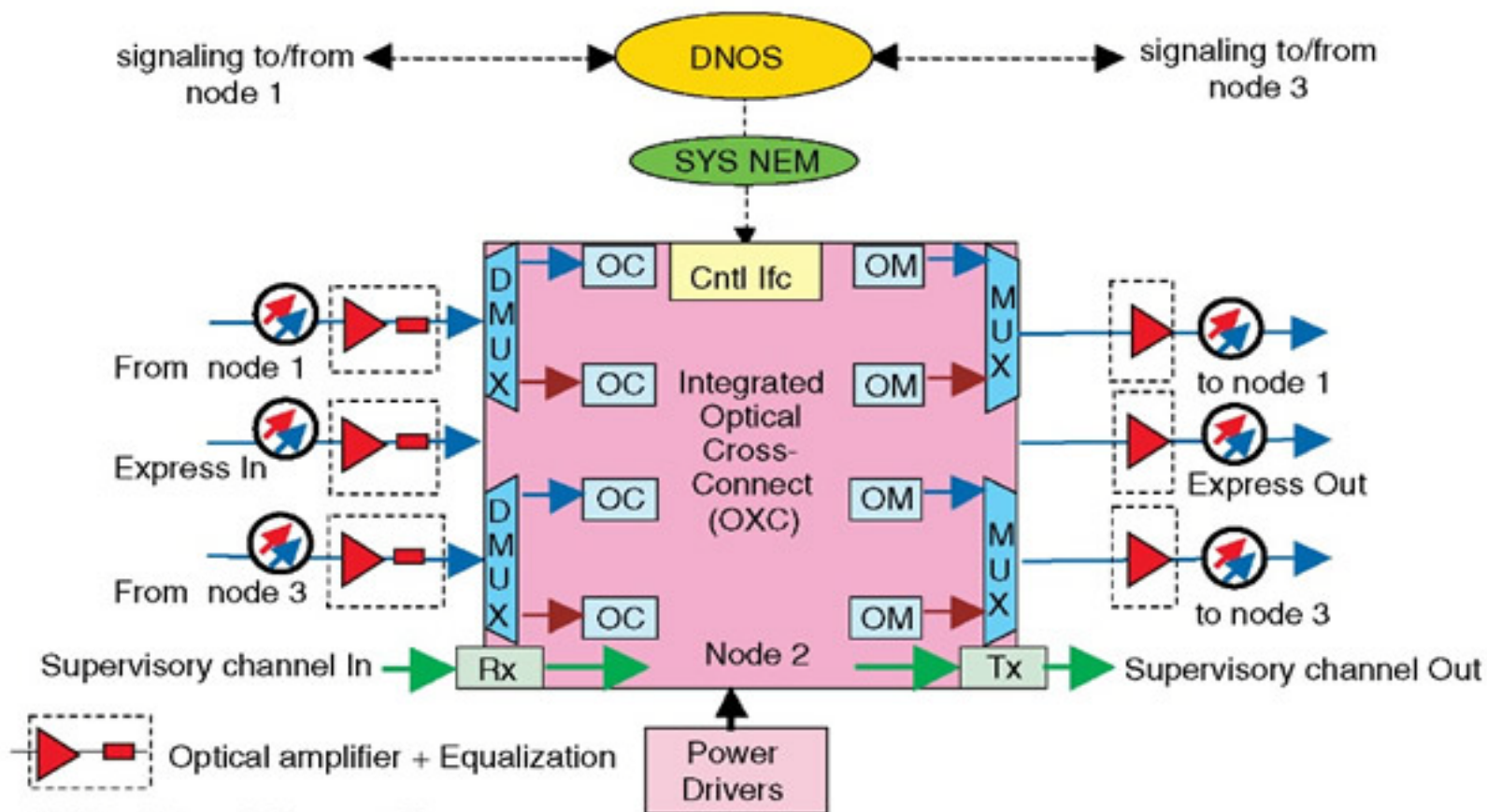
2.1. Přepojování optických okruhů (12)

Optické křížové spínače (OXC): Základní funkce



2.1. Přepojování optických okruhů (13)

Optické křížové spínače (OXC): Příklad - detail



NEM = Network Element Manager
OC = Optical Converter (O-O) and monitor
OM = Optical Monitor
DNOS = DWDM Network Operating System
Cntl Ifc = Control Interface

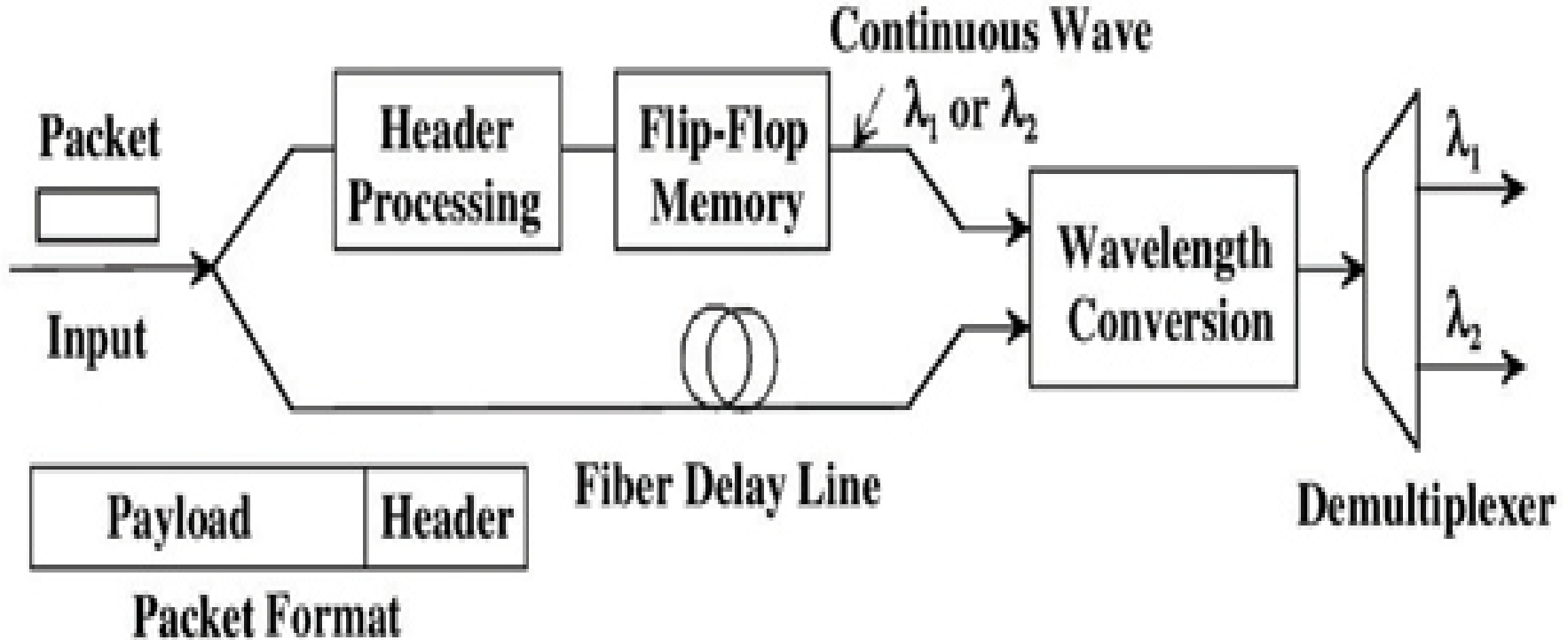
Optical amplifier

2.2. Přepojování optických paketů (1)

- Většina telko služeb je již poskytována přes Internet na bázi IP protokolu = nespoj. toky
- Nedostatečné využití okruhů na bázi λ
- Přepojování paketů:
 - Statistické multiplexování
 - Jemná granulace, lze pružně reagovat na požadavky zákazníků a na intenzitu provozu v síti
 - Ale: Elektronika nestíhá, velký příkon E. směrovačů
- Přepojování optických paketů:
 - V uzlech sítě objížďka pro tranzitní provoz
 - Ale: Chybí klíčové prvky (RAM, spínače - rozměrné)

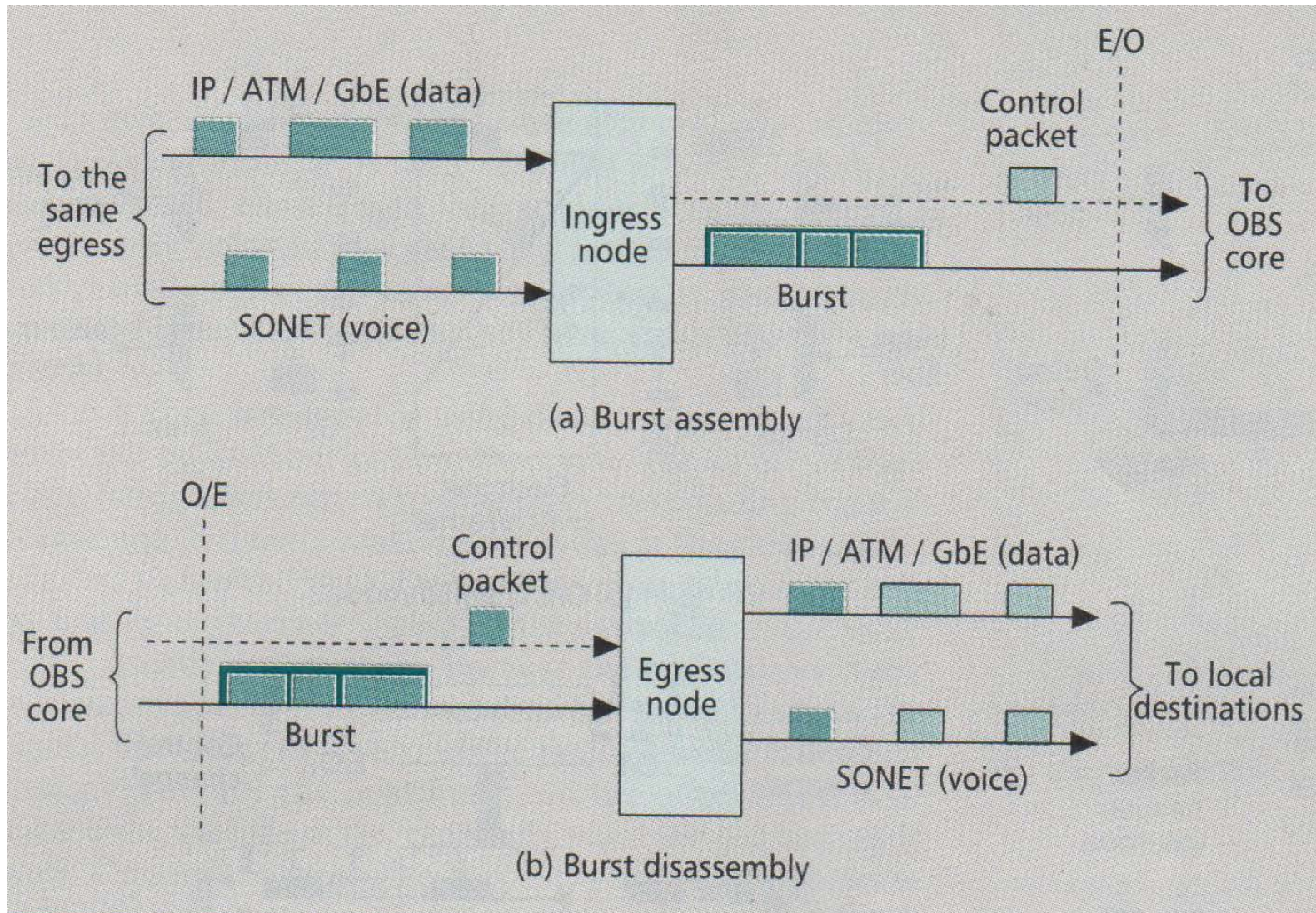
2.2. Přepojování optických paketů (2): OPS

Princip funkce ryze optického přepínače paketů (OXC) s jedním vstupem a dvěma výstupy



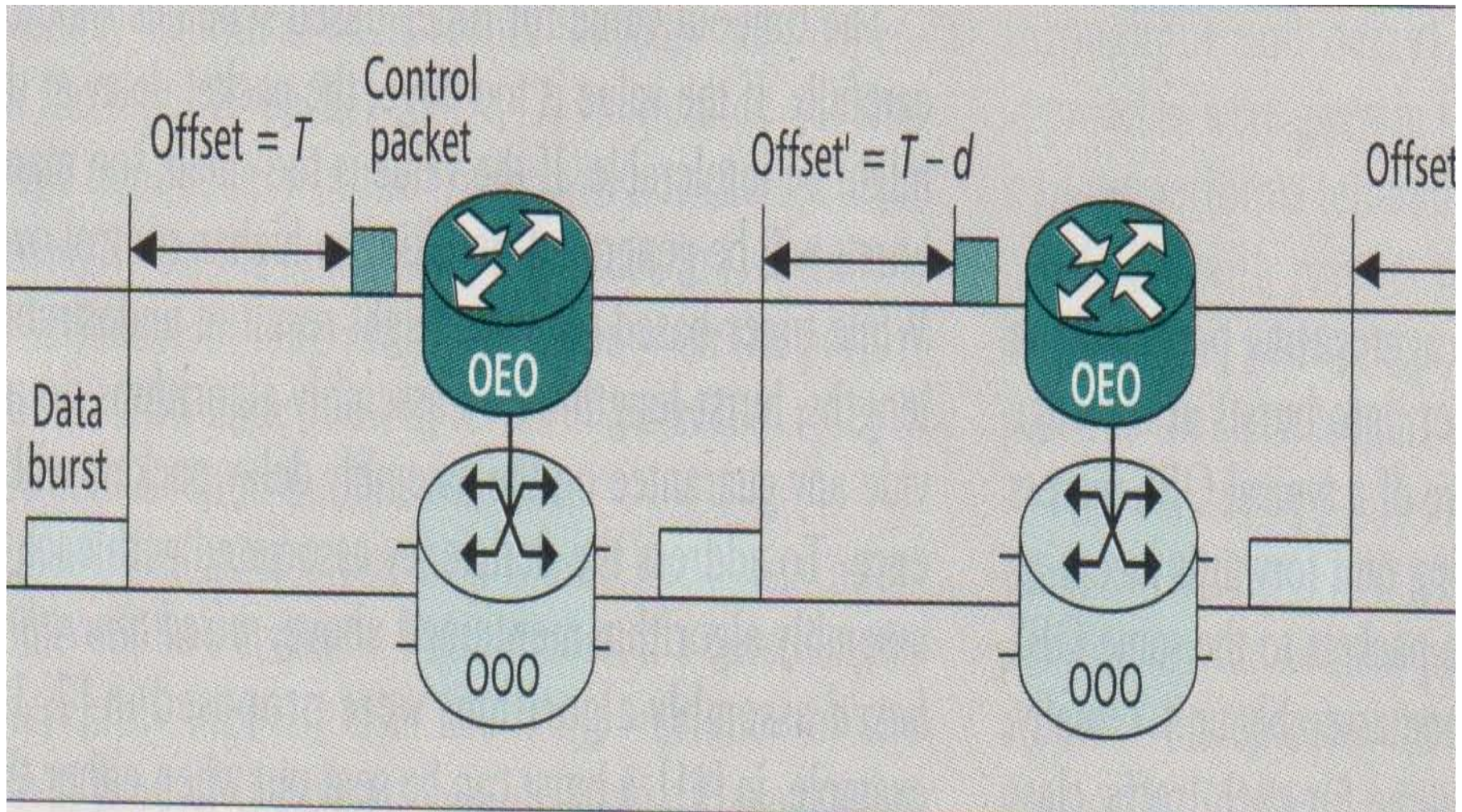
2.2. Přepojování optických paketů (3): OBS

Sestavování a rozčleňování dávek v koncových uzlech sítí OBS



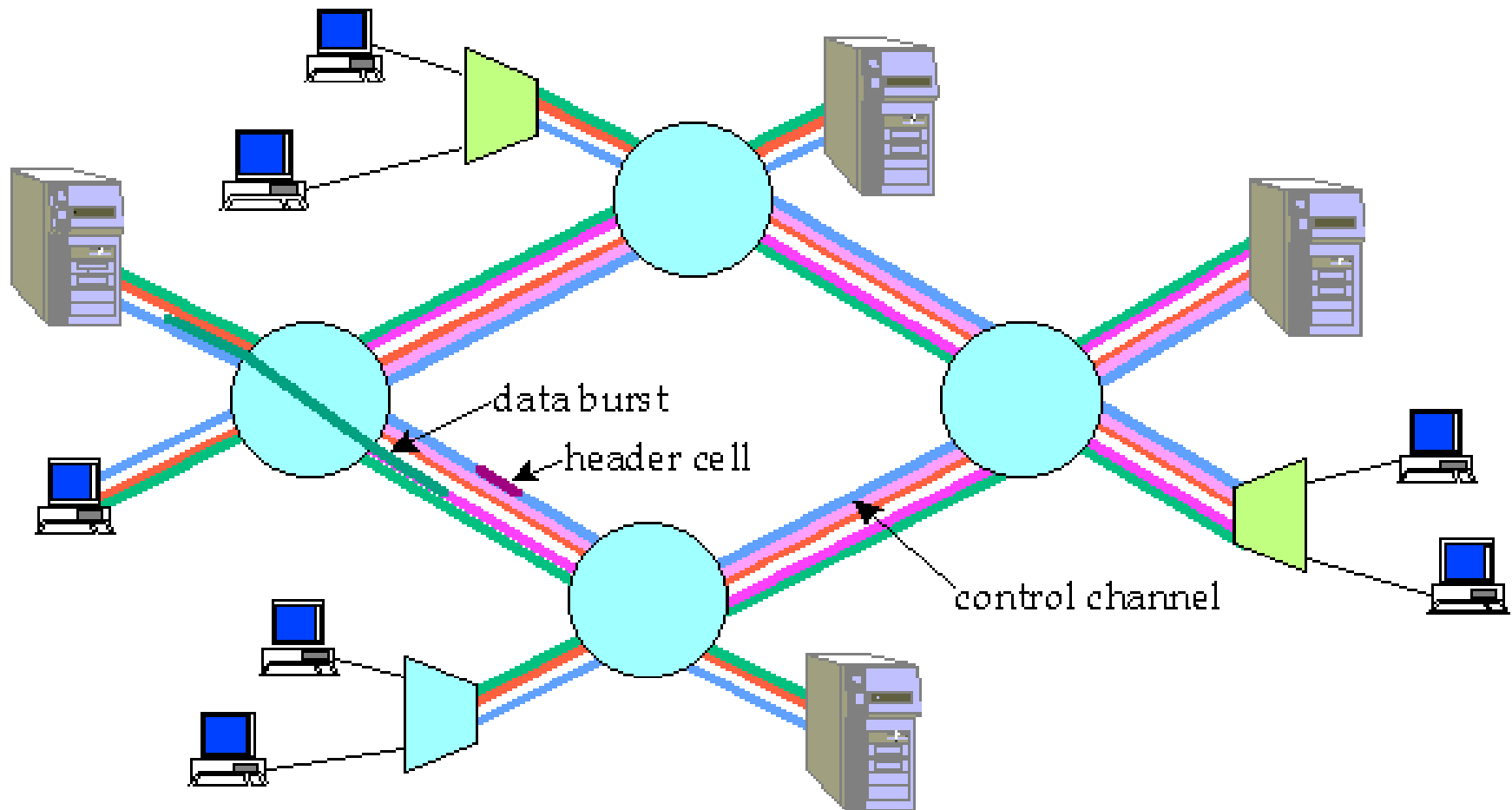
2.2. Přepojování optických paketů (4): OBS

Dávky dat (data burst) a řídicí pakety (control packet) jsou sítěmi využívající OBS přenášeny samostatnými kanály



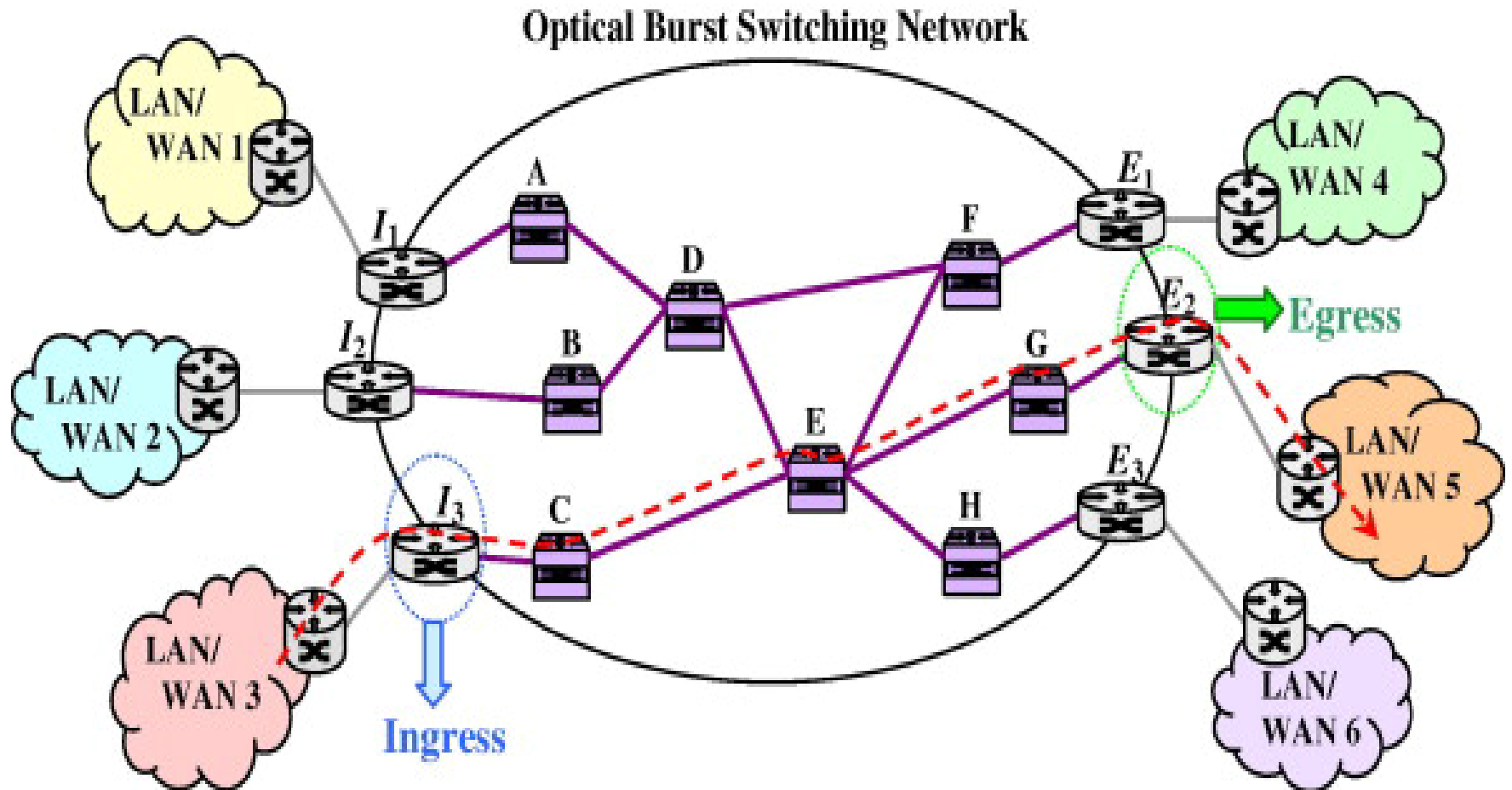
2.2. Přepojování optických paketů (5): OBS

Schematické znázornění činnosti sítě využívající OBS



2.2. Přepojování optických paketů (6): OBS

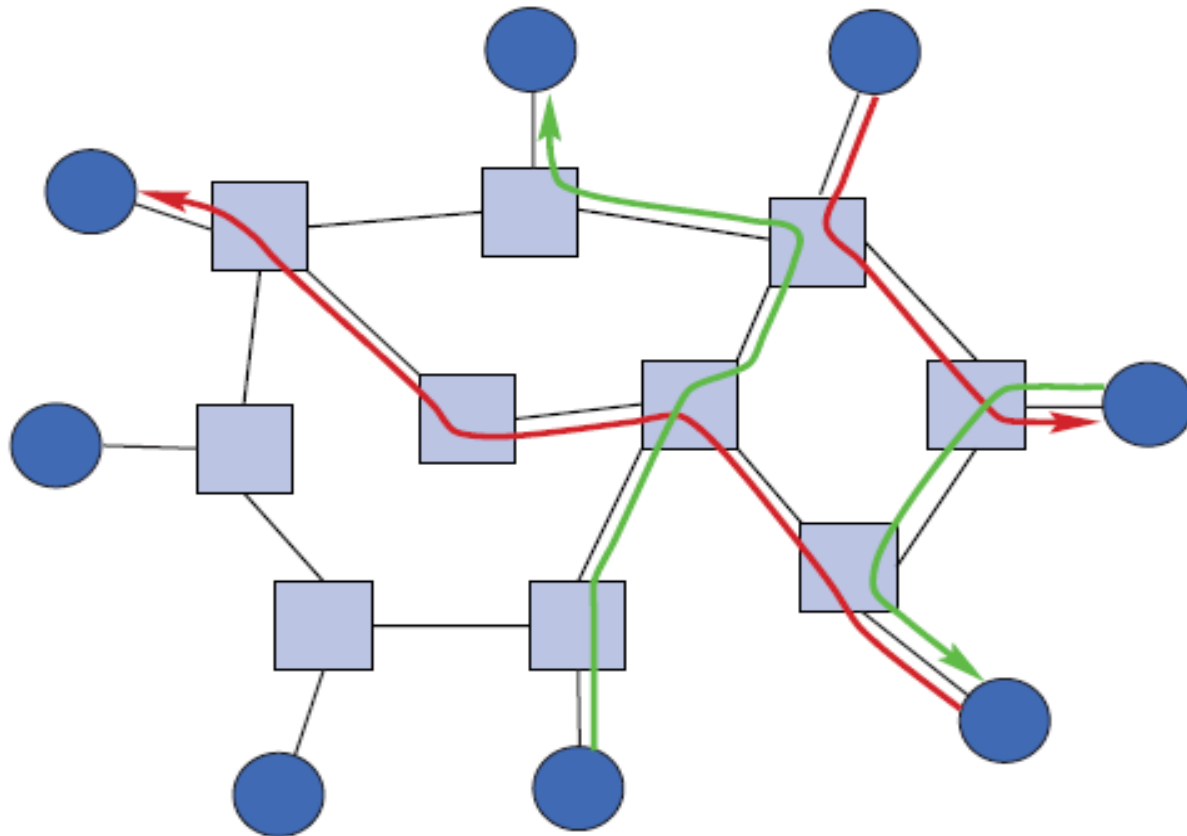
Příklad uspořádání sítě OBS







3. Směrování optických signálů (1)

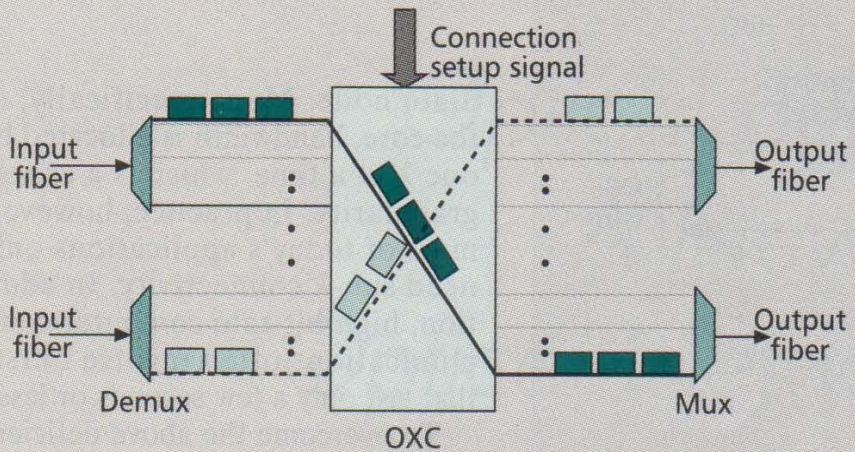
- Problém "Routing and Wavelength Assignment" (RWA)
 - Vytyčení optimální trasy (cesty) v sítích WDM od vysilače k příjemci
 - Vyhledání vlnové délky, která je v daný okamžik neobsazená ve všech úsecích vybrané cesty
- Řídicí systém musí mít aktuální informaci o stavu sítě – situace se stále mění
- Algoritmus pro RWA musí být dostatečně rychlý

3. Směrování optických signálů (2)

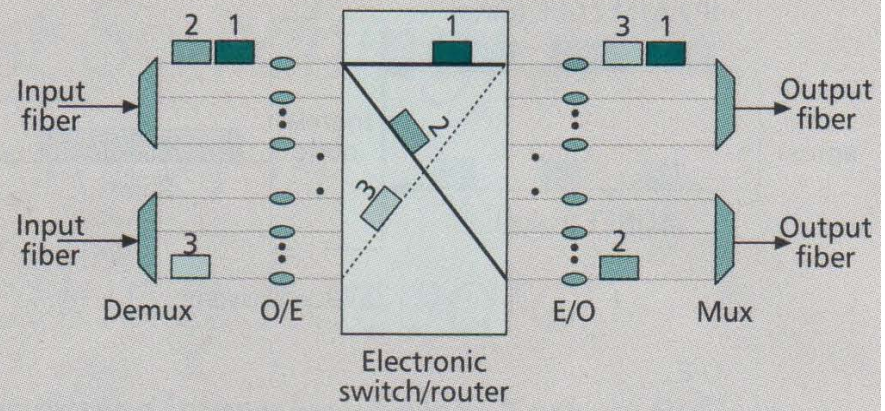


-  Access node
-  Optical switch
-  Lightpath on wavelength λ_1
-  Lightpath on wavelength λ_2

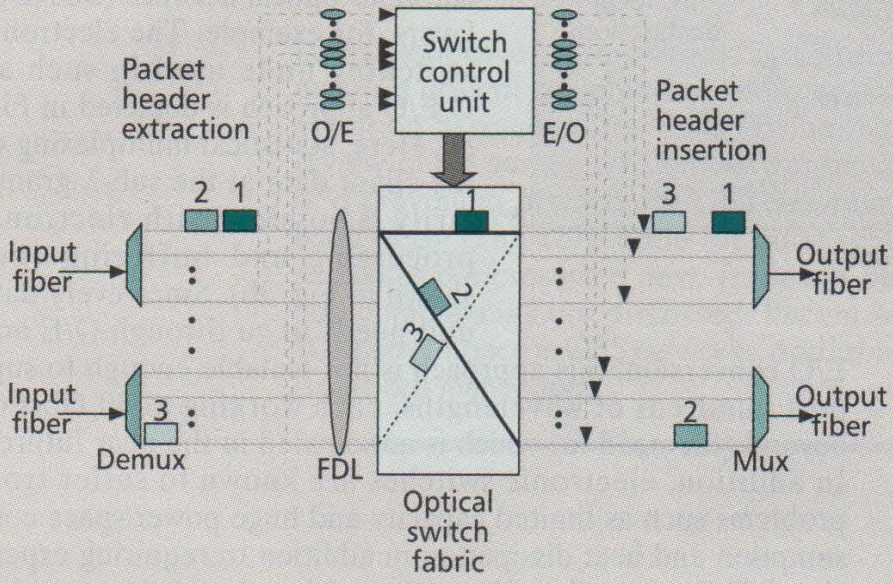
Přehled základních metod přepojování signálů v optických sítích



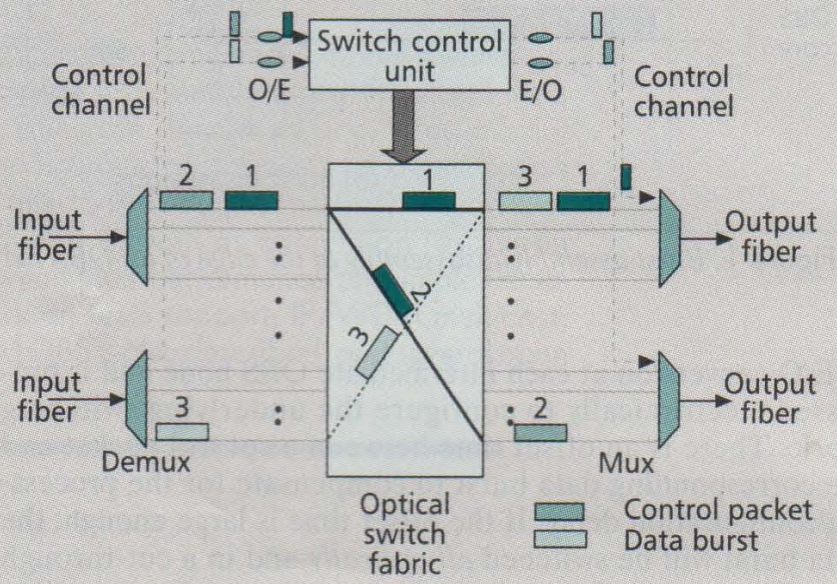
(a) OCS node



(b) O/E/O switch/node



(c) OPS node



(d) OBS node

4. Závěr

- V současné době je přepojování signálů v uzlech sítě ryze optickými prostředky pouze na úrovni přepojování okruhů na bázi λ
- Jemněji granulované přepojování (rámců, paketů) se v praxi zatím provádí výhradně elektronicky
- Ryze optické přepojování s jemnějším rozlišením než vlnová délka zatím není na pořadu dne
- Elektronika se zadýchává a přehřívá, ale stále ještě nevyčerpala svůj potenciál (Moorův zákon!)
- **JE UŽ TO TADY? ŽEL – ZATÍM JEN okruhy λ !**