

Új optikai technológiák az
adatközponti hálózatok
egyszerűsítésért és zöldítéséért

DCN centrikus hálózatok

DCN DataCentre Network

Computing kapacitás erőteljes növekedése
elsősorban AI funkciók miatt, nagyobb
kapacitású Inter-DC kapcsolatok

DCI DataCentre Interconnection

Elosztott DC/AI clusterek összeköt-
téséhez: nxTbs, 0 packet-loss

DCA DataCentre Access

A szolgáltatói hálózatok elérési, aggregációs és
gerinc-hálózatát kell erre felkészíteni

Koherens interfészek

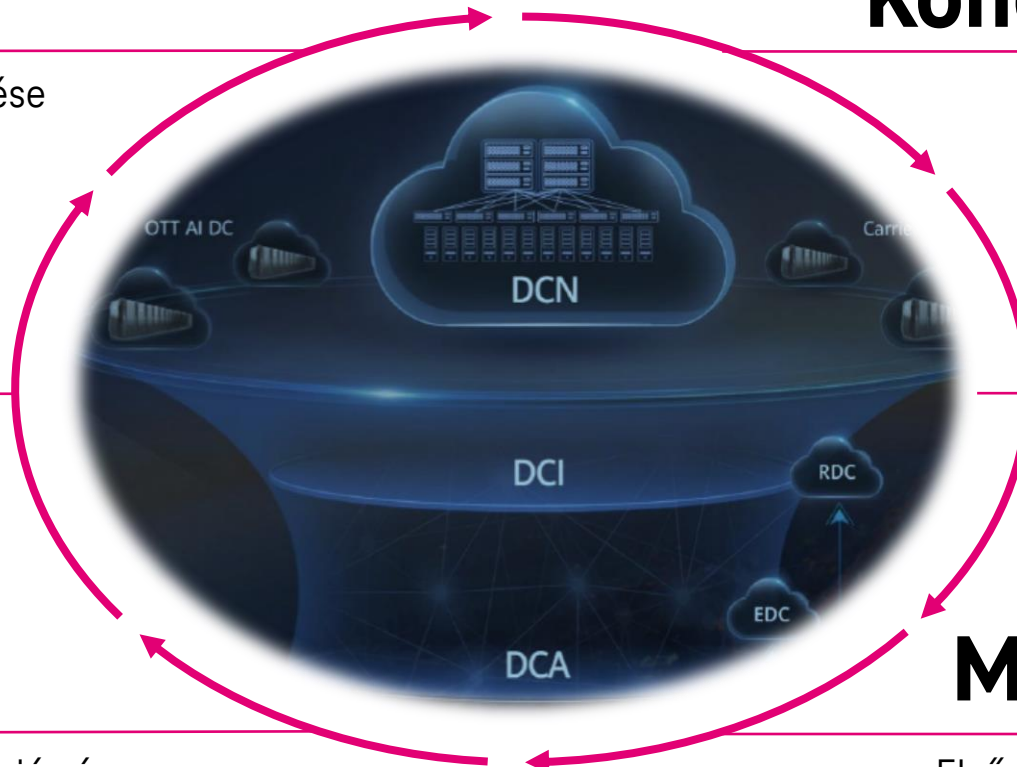
Radikális méret és költségcsökkenés:
plugabble koherens interfészek

Optikai sw.

Sávszélesség-független (100G, 400G,
1,2T etc.) packet-loss optikai átvitel és
dinamikus kapcsolás

Menedzselt xWDM

Elsősorban nagy távolságú gerinchálózatban,
rugalmas sávszélesség-menedzsment



Figyelemre méltó technológiai innovációk, fejlesztések

- Normál lencsék



- Mikro lencsék (1millió/1cm²)



60% OXC fizikai
méretcsökkenés

- 100G koh plug

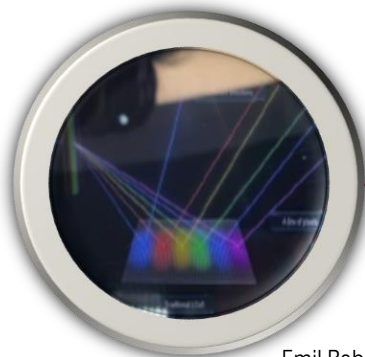


- 400G koh. plug

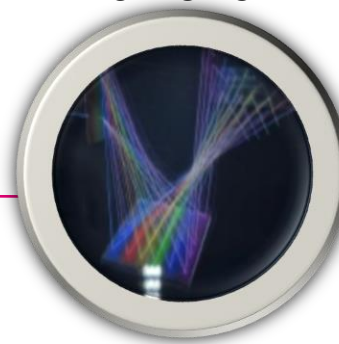


40% méret és ~80%
cost/bit csökkenés

- 2D OXC

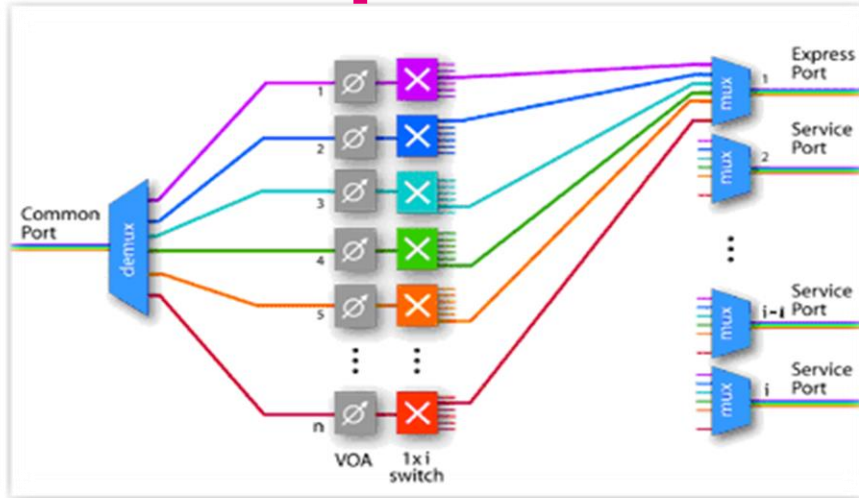


- 3D OXC



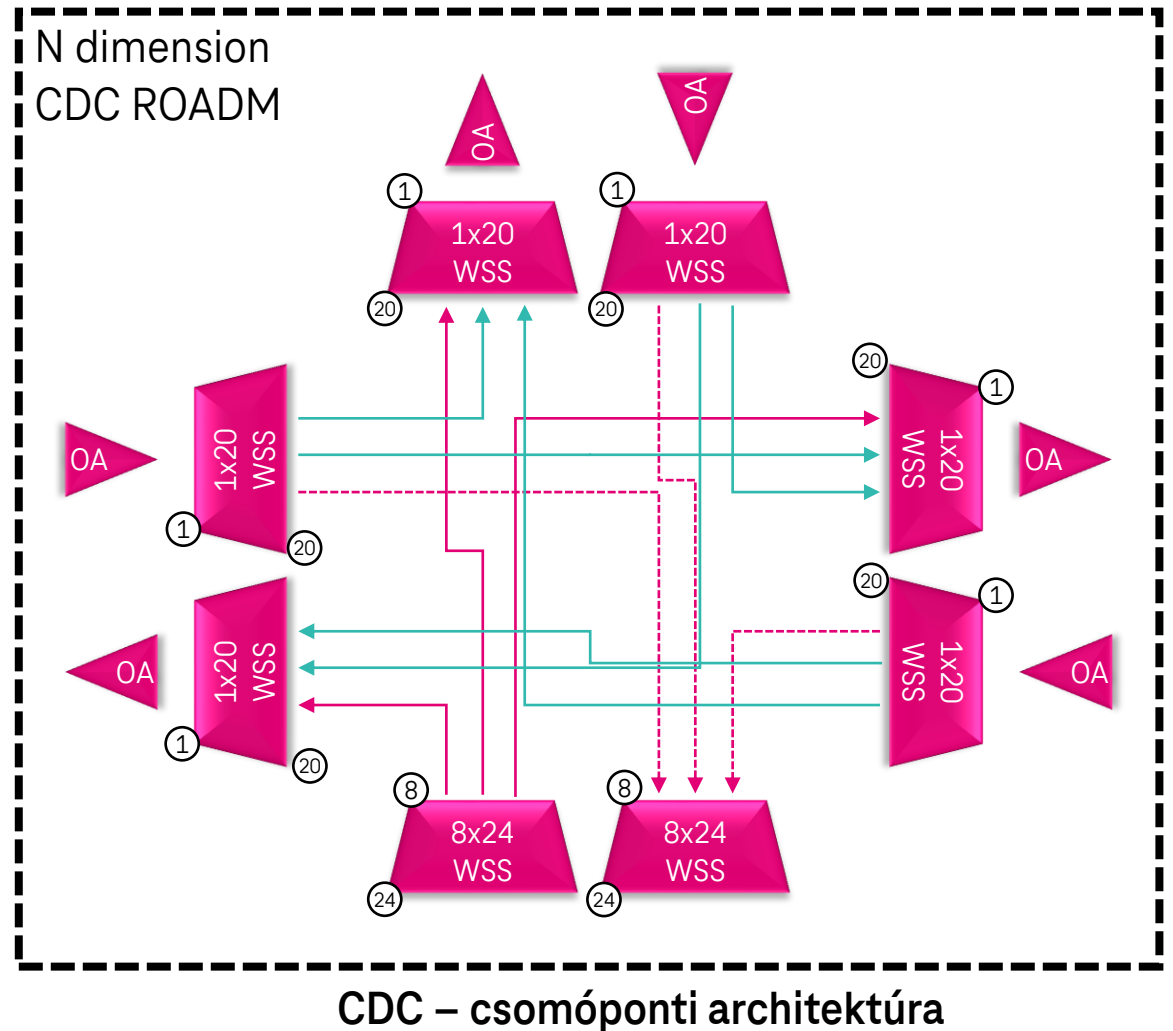
További jelentős méret és
energiafelhasználás
csökkenés az OXC-k esetén

Tisztán optikai gerinchálózat, lelke a hullámhossz szelektív optikai switch

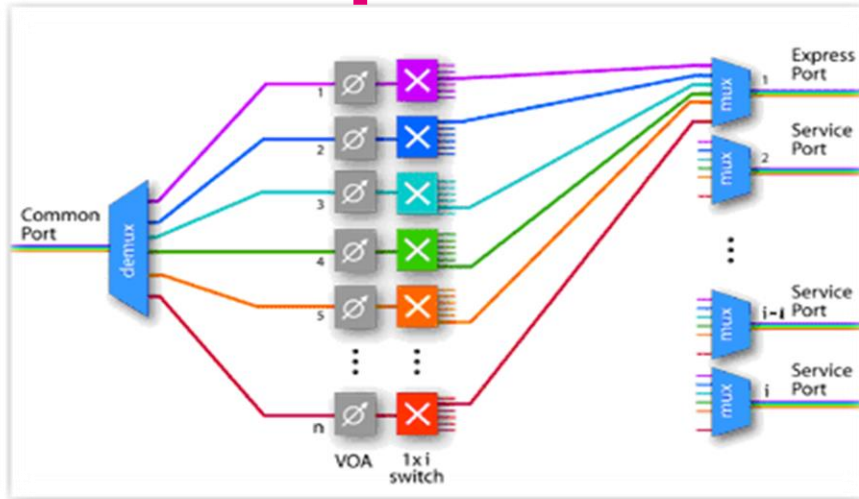


Minden hullámhosszút konfigurálható

- Kis körök a portszámot reprezentálják
- Minden porton a teljes C-sáv elérhető
 - Egy adott spektrum ablak egyszerre csak egy helyen nyitható ki
- A 8x24-es WSS-ből adódóan az irányok maximális száma 8
- Következésképp max. $24 \times 13 = 312$ lokális add/drop port

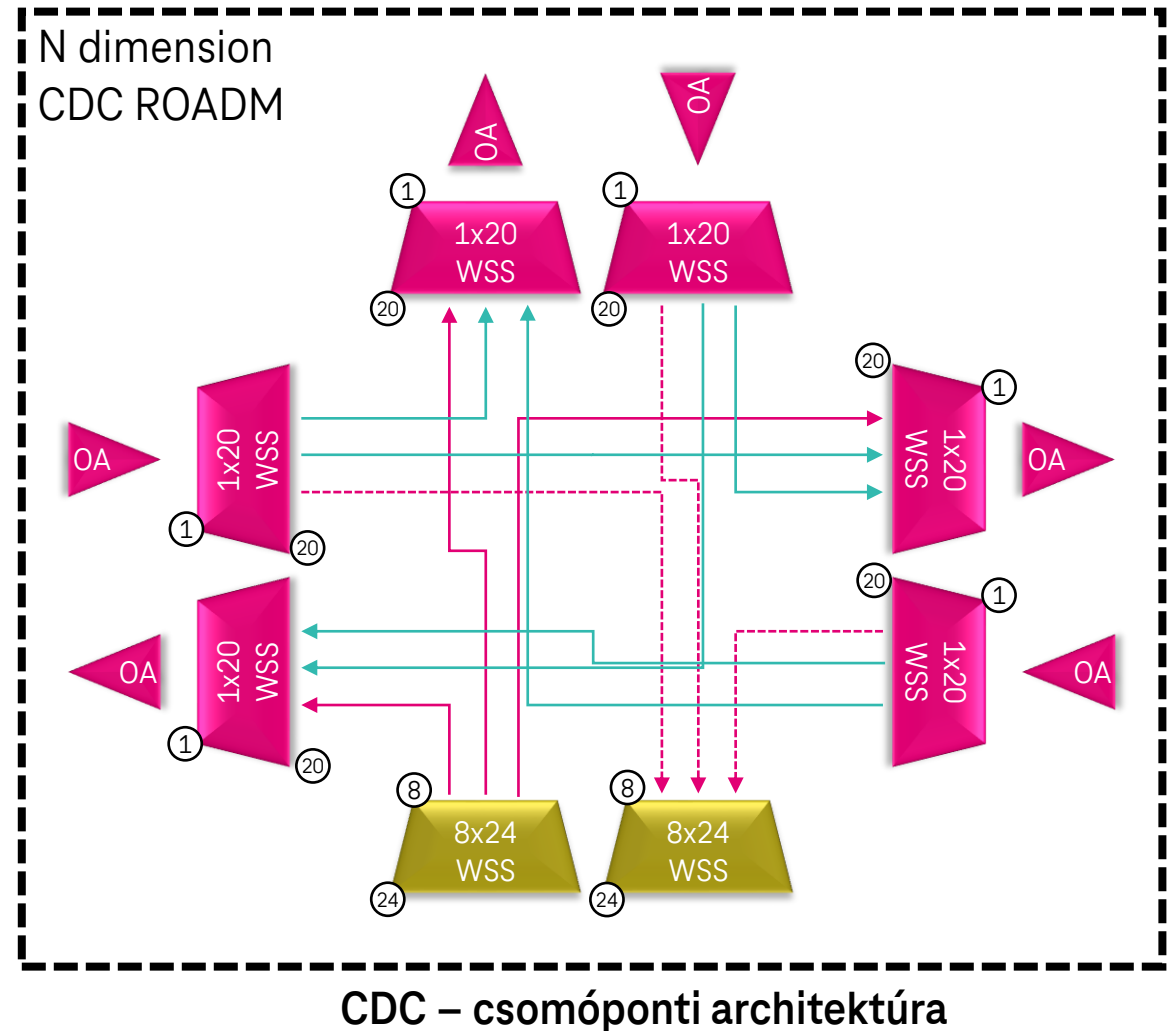


Tisztán optikai gerinchálózat, lelke a hullámhossz szelektív optikai switch



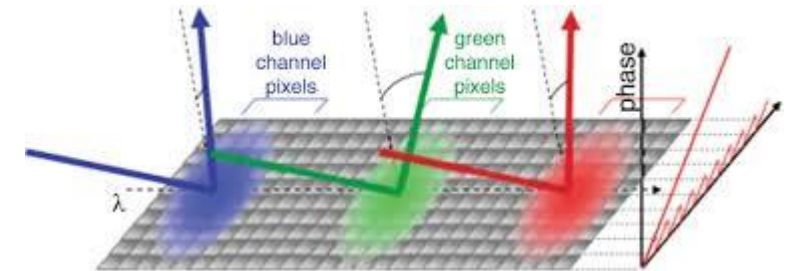
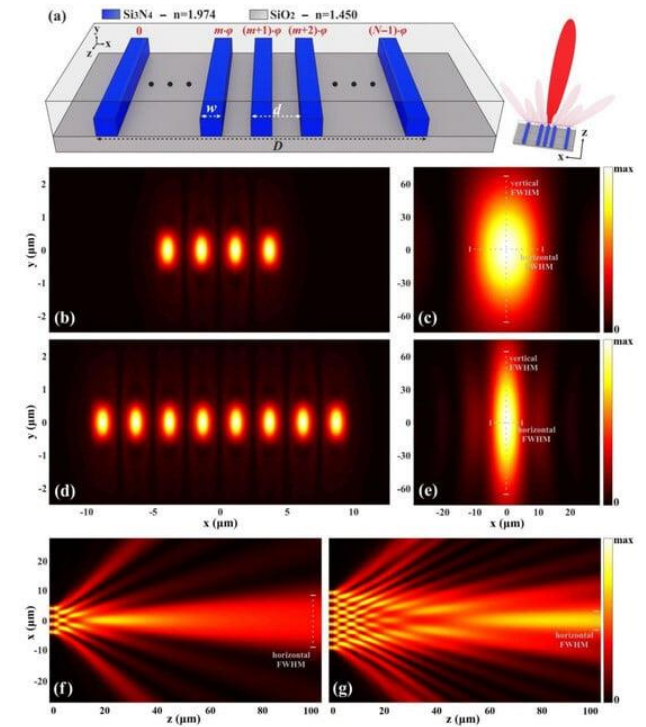
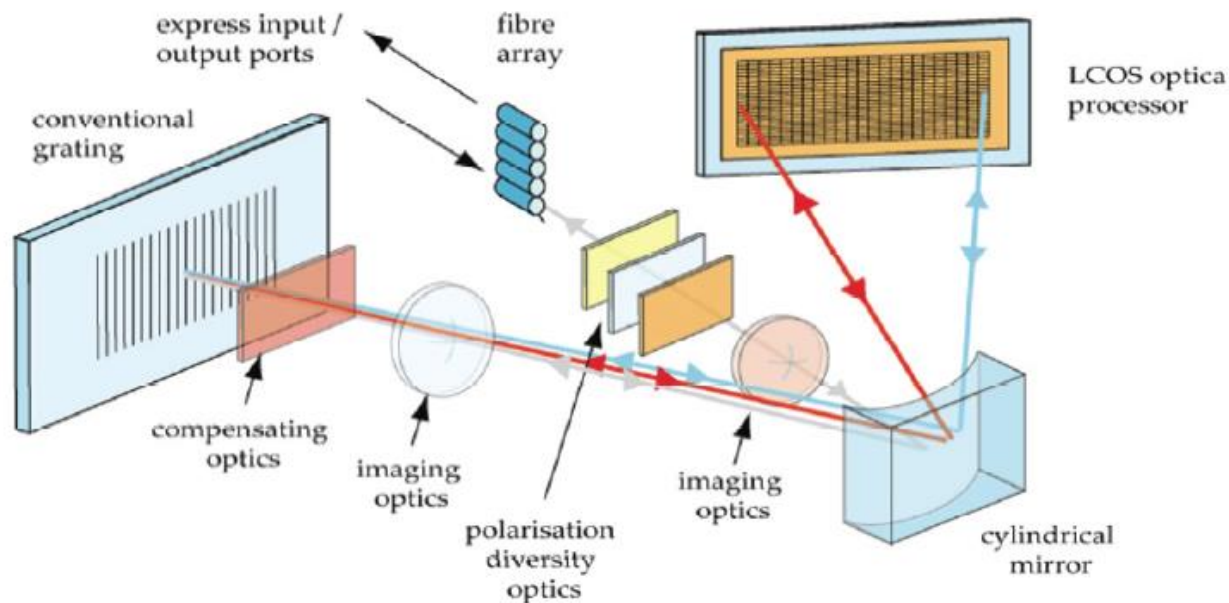
Minden hullámhosszút konfigurálható

- Kis körök a portszámot reprezentálják
- Minden porton a teljes C-sáv elérhető
 - Egy adott spektrum ablak egyszerre csak egy helyen nyitható ki
- A 8x24-es WSS-ből adódóan az irányok maximális száma 8
- Következésképp max. $24 \times 13 = 312$ lokális add/drop port



LCoS alapú WSS működési elve, optikai kapcsolástechnika

- „End to end” optikai út
- Néhányszor 10ms kapcsolási idő (kontrol rétegtől is függ)
- Sáv szélesség független
- Kapacitás független, alacsony fogyasztás
- Jelenleg néhány 10 port per modul
 - Modulon belül „full mesh” összeköttetés lehetséges



Gerinchálózati sáv szélességek, és a „hyperscaler”-ek

Tipikus „kliens” sebességek a mai optikai rendszerekben

- 100G és fölötte az EDGE/Aggregation rétegben
- N-szer 400G a CORE-ban
- Több száz 400Gs a DCI és UL CORE rétegben
- Hyperscaler-ek ennek többszörösét igénylik

Vonali (optikai) sebességek manapság

- A CORE rétegben már a 800G a legáltalánosabb port sebesség
- Már 1,2T (egyvivős) kapcsolatok is üzemelnek a hálózatainkban ($\leq 100\text{km}$ hatótáv)
- 1,6 & 2T manapság válik elérhetővé

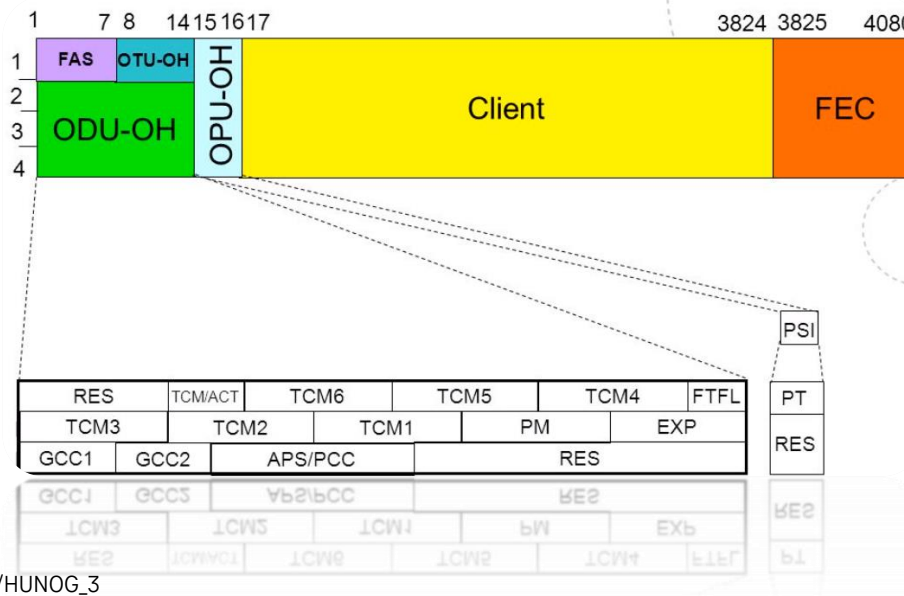
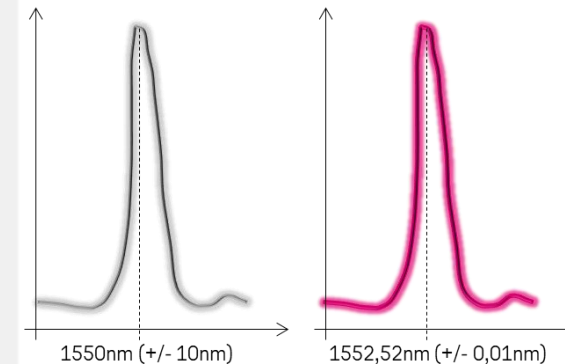
Vonali vs. Kliens-oldal legfontosabb különbségei

VONALI	KLIENS
„Mindig” egy vivős	40G felett több vivős
FEC & OTN keretezés	Nincs hibajavítás (400G-ig)
Magas performanciájú	Rövid hatótáv, standard

Vonali vs. kliens interfész

Kliens:

- Rövid hatótáv
- Nincs FEC
- Gyenge frekvencia stabilitás
- Standardizált



Vonali interfészek és koherens plugok I.

Coherent vs. direct detection

Direct detection:

- Typically, OOK
- There IS or NOT signal

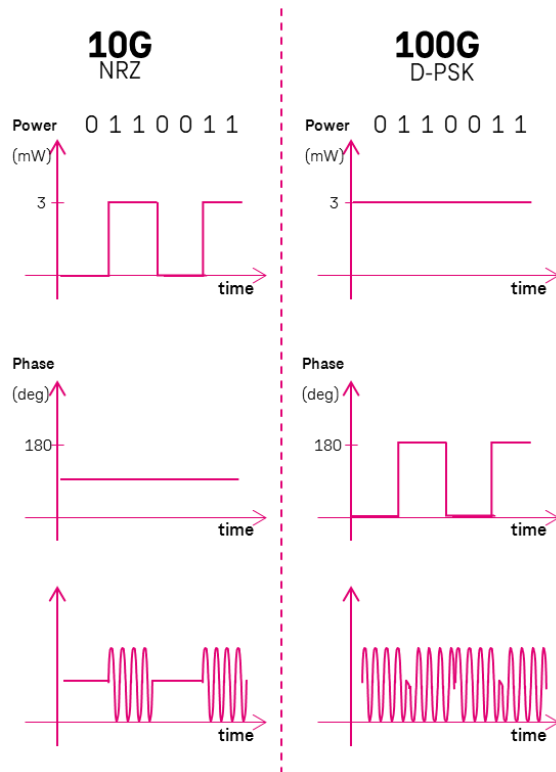
Coherent detection:

- Requires digital signal processing

Vertical polarisation

Horizontal polarisation

Dual polarisation



Vonali modulációk

- >2 állapotú modulációk 10G felett, a Baudrate csökkentésének érdekében (szükséges elektronika sebessége)
- Nem (csak) amplitúdó, hanem fázis moduláció is alkalmazott
- Minkét polarizációt használva, duplázható a bitsebesség

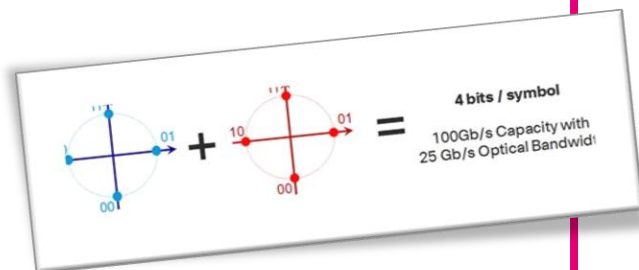
Lényegében az adott bitsebesség, sorosan sehol nem jelenik meg, noha az analóg jel „Baudrate” sávszélességű, egyetlen optikai vivő.

- Fejlett hibajavító kódolások (SD-FEC – Soft Decision Forward Error Correction $\sim 1e-2$)

DSP

Digital Signal Processing

AD/DA konverzió, „mappelések”, iteratív hibajavítások, stb.



Vonali interfészek és koherens plugok I.

Coherent vs. direct detection

Direct detection:

- Typically, OOK
- There IS or NOT signal

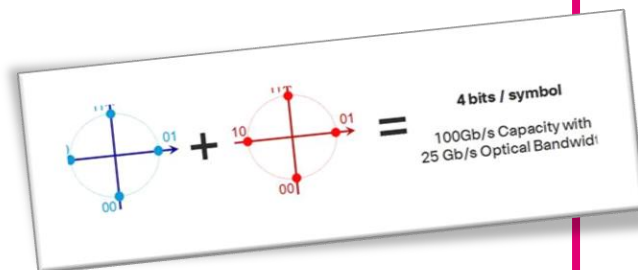
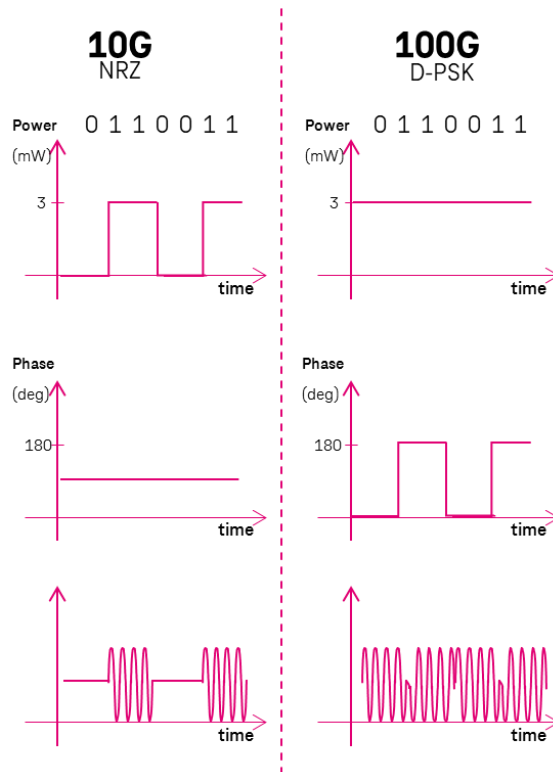
Coherent detection:

- Requires digital signal processing

Vertical polarisation

Horizontal polarisation

Dual polarisation



Vonali modulációk

- >2 állapotú modulációk 10G felett, a Baudrate csökkentésének érdekében (szükséges elektronika sebessége)
- Nem (csak) amplitúdó, hanem fázis moduláció is alkalmazott
- Minkét polarizációt használva, duplázható a bitsebesség

Lényegében az adott bitsebesség, sorosan sehol nem jelenik meg, noha az analóg jel „Baudrate” sávszélességű, egyetlen optikai vivő.

- Fejlett hibajavító kódolások (SD-FEC – Soft Decision Forward Error Correction $\sim 1e-2$)

DSP

\$\$\$

Digital Signal Processing

AD/DA konverzió, „mappelések”, iteratív hibajavítások, stb.

Vonali interfészek és koherens plugok II.

Magasabb bitsebesség >> komplexebb modulációk

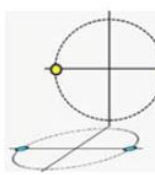
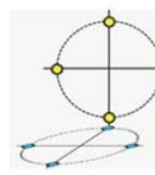
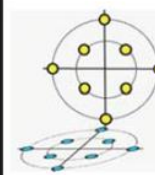
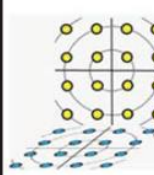
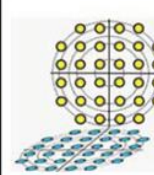
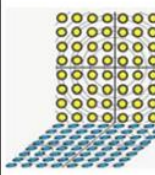
- „Baudrate” kezelhető tartományban tartásához (pl. 1,6 & 2Tbps).

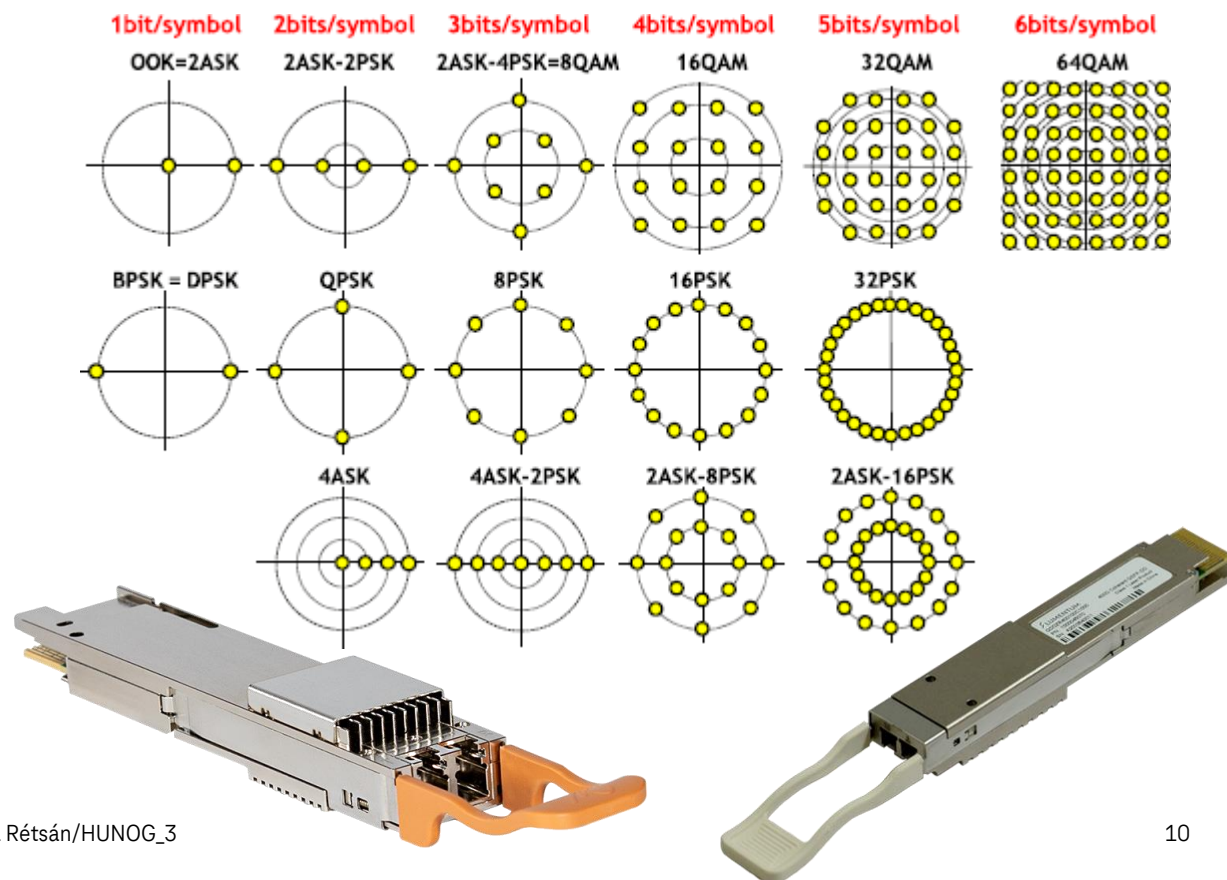
De mi a helyzet a kliens oldalon, el lehet kerülni a DSP-t?

- Nem alkalmazunk kifinomult modulációkat
- Következésképpen több vivőre van szükség
 - Több vivő -> több lézer-/fotódióda
 - Ár, méret, fogyasztás, hődisszipációs korlátok
- 400G-nél már megjelent a PAM4 (4 vivő, 50GBaud)
 - DSP nem, de hibajavítás már szükséges
 - Nagyon rövid (1-2 km hatótáv)
- 800G; 1,2T; 1,6T; 2T, ... ?

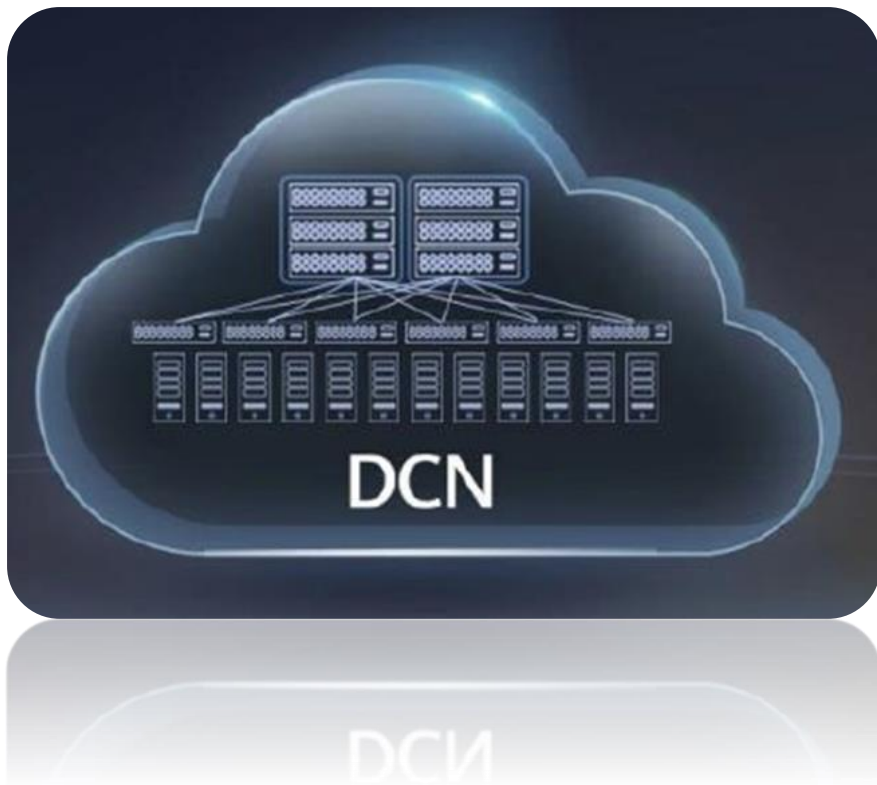
Mindeközben a vonali interfészek beköltöznek ugyanezen formátumú plugokba (IPoWDM, 400G ZR, stb.)

- Fogyasztás és hődisszipáció probléma
- Csökkenet képességek (de még mindig Nx10km)
- Alacsonyabb ár

Modulation format	PM-BPSK	PM-QPSK	PM-8QAM	PM-16QAM	PM-32QAM	PM-64QAM
bits/Symbol	2x1	2x2	2x3	2x4	2x5	2x6
Constellation						



Tartható-e a lépés vagy lehet másként is csinálni?



Hatalmas forgalom növekmény és igények a DCN hálózatokban

- A szervereken túl a DCN switchek kapacitásigénye is rohamosan növekszik
- Switching fabric:
 - Kapacitásfüggő ár és fogyasztás
 - Kapacitásfüggő késleltetés (csomag feldolgozás)
- Portok:
 - Minden switch-be kellene portok (ár)
 - Kapacitásfüggő ár, fogyasztás és hődisszipáció -> portszám limitációk

Bevezethető-e egy sávszélességfüggetlen, alacsony fogyasztású megoldás?

Optikai kapcsolók!

- NxM WSS, hogy bármely bemenet, bármely kimenettel összeköthető legyen
- Elérhető egy vivős, megfelelő hullámhosszú adó/vevők, egyre alacsonyabb ár

NxM WSS alkalmazásának lehetősége adatközpontokban

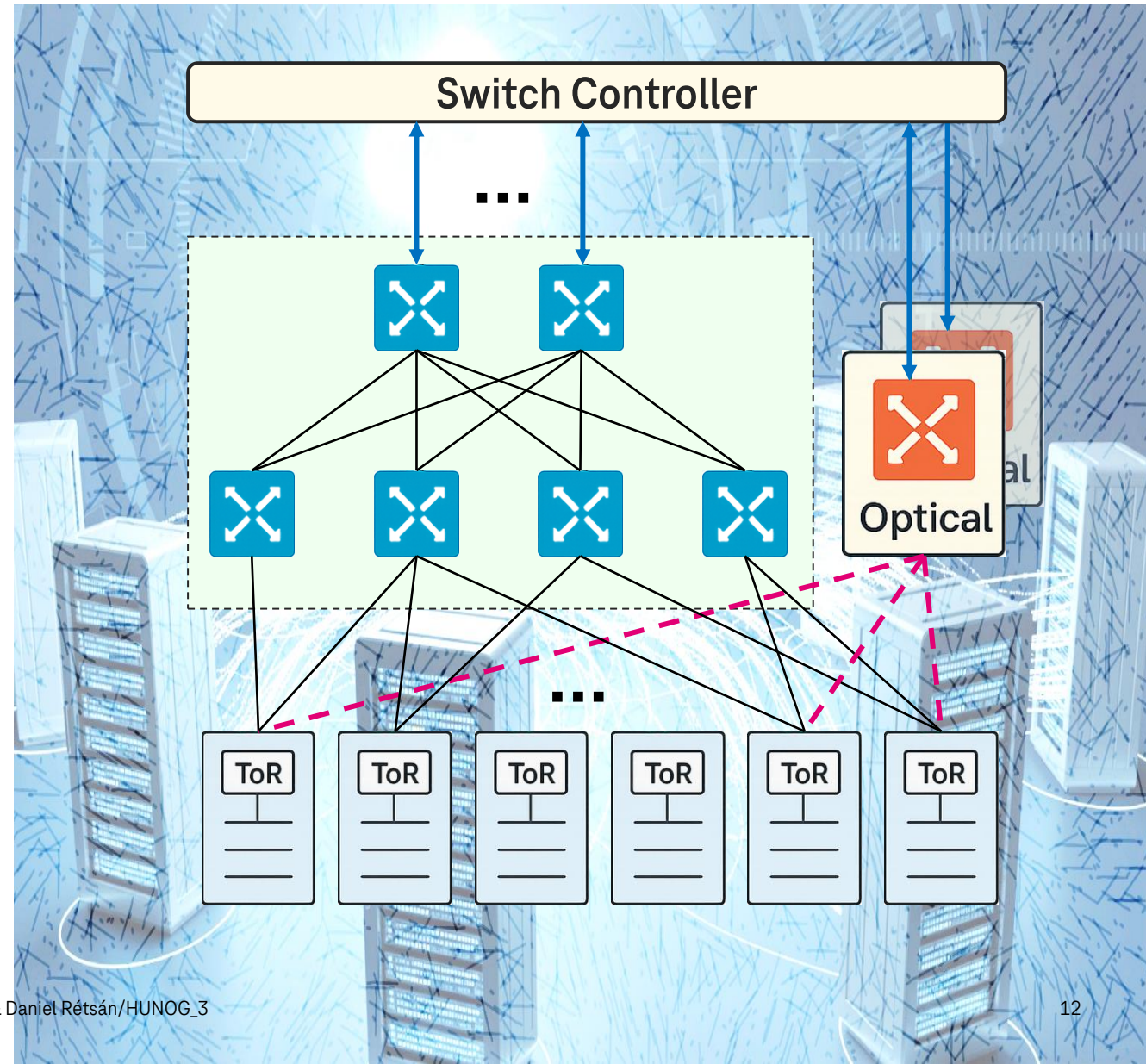
Optikai kapcsolók előnyei

- Tbps+, sávszélességfüggetlen kapcsolat
- Extrém alacsony késleltetés (csupán a fény terjedési sebessége a fényvezető szálban)
- Sávszélesség független, nagyon alacsony fogyasztás (néhány Watt a teljes kapcsoló mátrix)
- Nincs szükség O/E/O átalakításra az optikai kapcsoló portjain (kevesebb plug szükséges - \$)

Ellenben nem ideális néhány tekintetben

- Csak áramkör szintű kapcsolatok
- Nincs routing, buffering, load balancing és multipathing lehetőség
- Lassabb kapcsolási idők
- Nem alkalmas nagyon dinamikus, burst-ös forgalomra

Körültekintő vezérlés esetén azonban kiváló kiegészítője lehet a DCN kapcsolástechnikának!



NxM WSS alkalmazásának lehetősége adatközpontokban

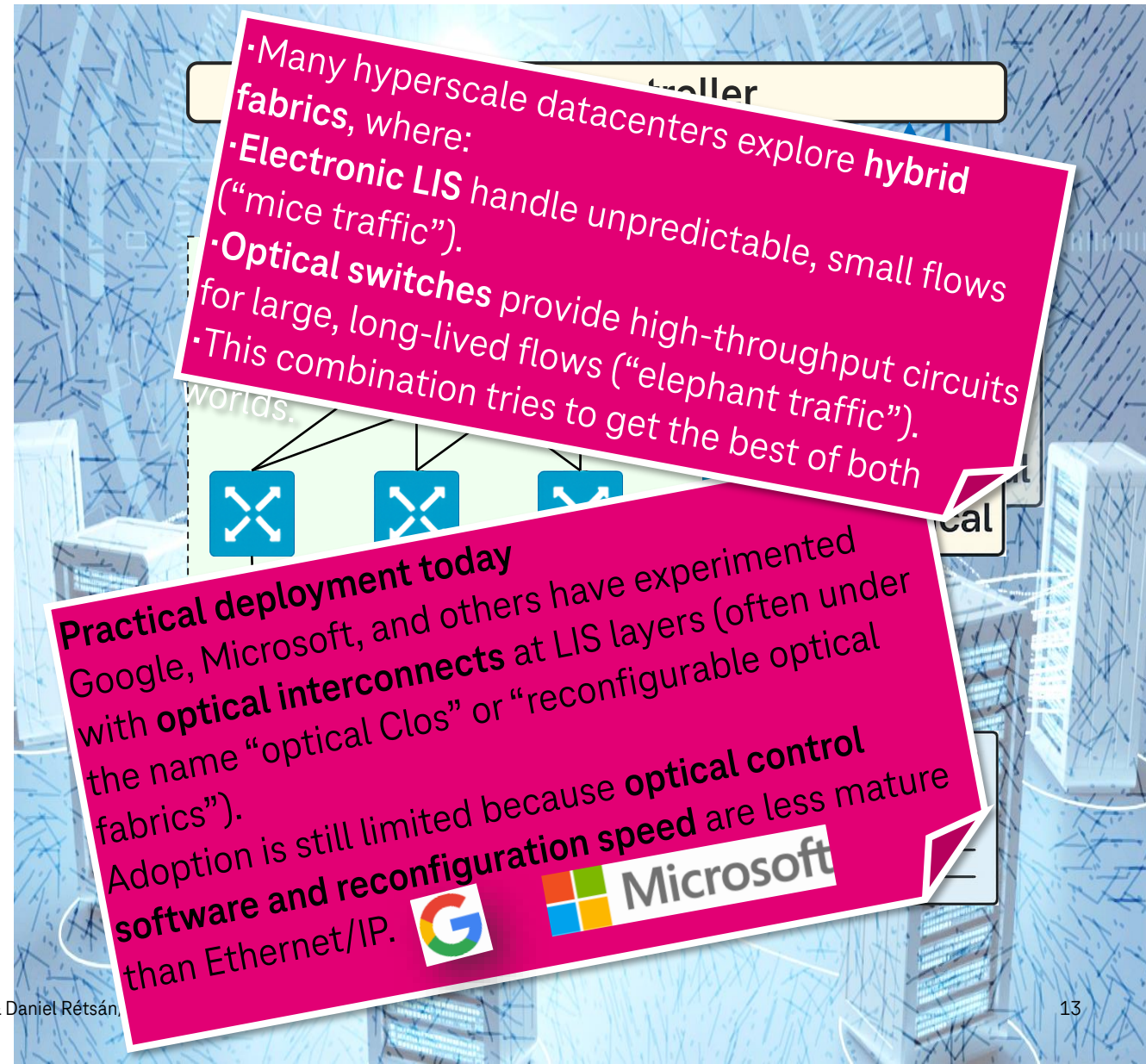
Optikai kapcsolók előnyei

- Tbps+, sávszélességfüggetlen kapcsolat
- Extrém alacsony késleltetés (csupán a fény terjedési sebessége a fényvezető szálban)
- Sávszélesség független, nagyon alacsony fogyasztás (néhány Watt a teljes kapcsoló mátrix)
- Nincs szükség O/E/O átalakításra az optikai kapcsoló portjain (kevesebb plug szükséges - \$)

Ellenben nem ideális néhány tekintetben

- Csak áramkör szintű kapcsolatok
- Nincs routing, buffering, load balancing és multipathing lehetőség
- Lassabb kapcsolási idők
- Nem alkalmas nagyon dinamikus, burst-ös forgalomra

Körültekintő vezérlés esetén azonban kiváló kiegészítője lehet a DCN kapcsolástechnikának!





Köszönjük a figyelmet!

retsan.daniel@telekom.hu
babics.emil1@telekom.hu