

NGN, technológiák skálázhatóság - összefoglaló

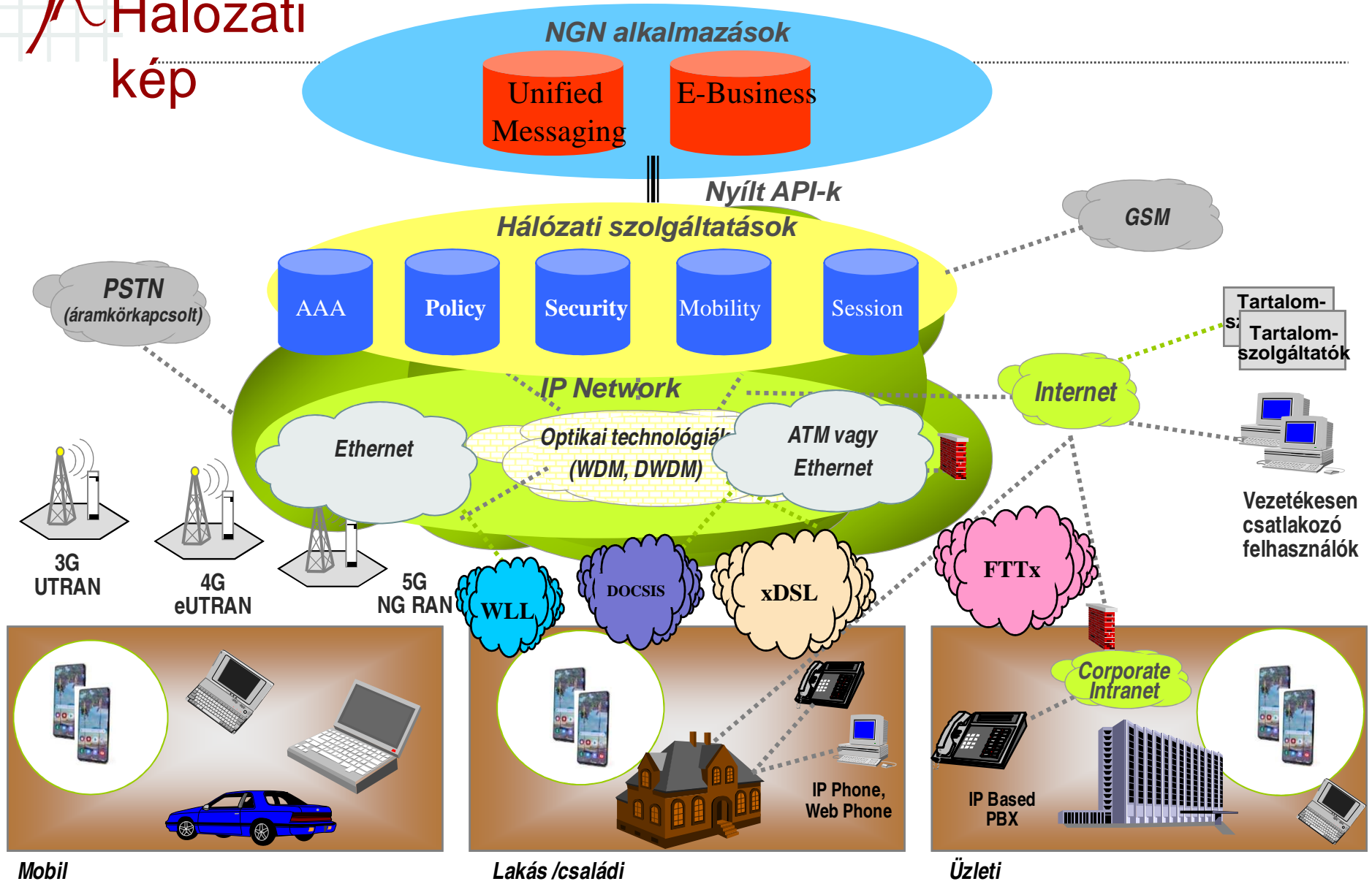
Bevezető áttekintés

Hálózati szegmensek

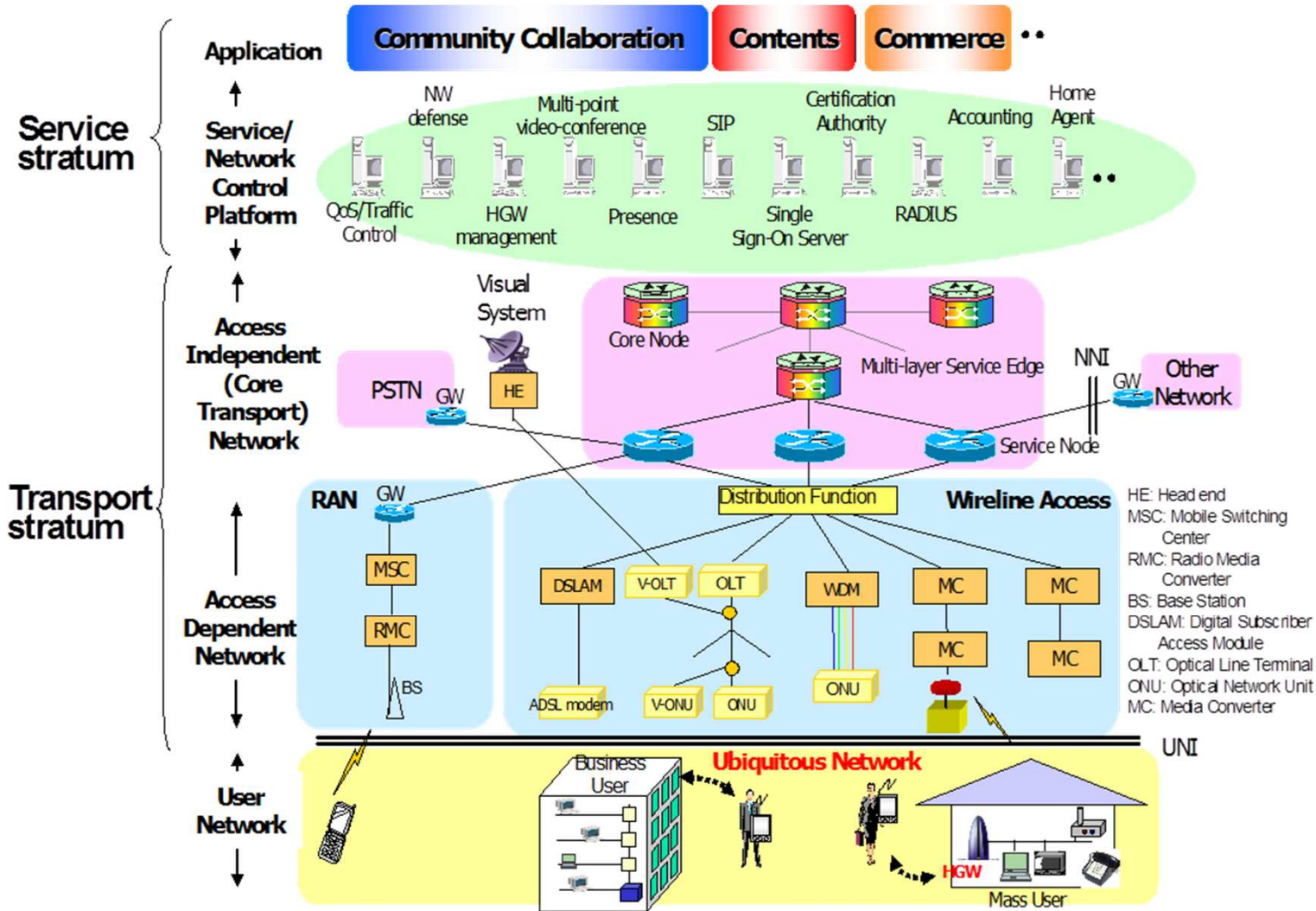
Nyilvános hálózati szolgáltatói (PNO) kép

- Otthoni / irodai hálózat
- Hozzáférési hálózat
 - eltérő viselkedésű, időben változó aktivitású fix és mobil felhasználók hatékony kiszolgálása
- Aggregációs hálózat
 - nagyszámú hálózatelérési pont (DSLAM, CMTS, OTN, BS) csatlakoztatása
- Maghálózat
 - nagy távolságú, nagy kapacitású összeköttetések, sokféle szolgáltatás

Hálózati kép

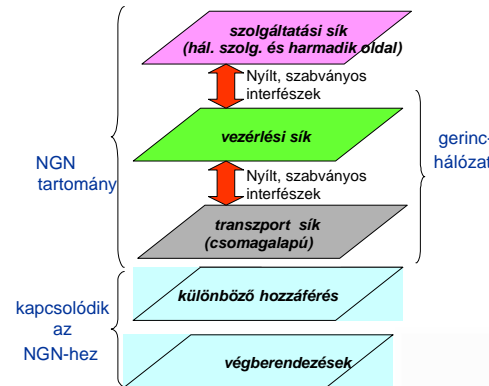


NGN hálózatok felépítése ITU-T példa

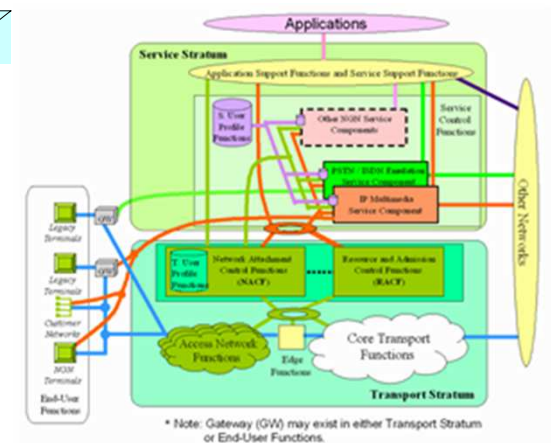


NGN architektúra

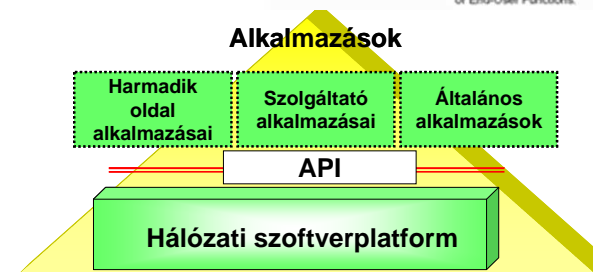
- Rétegelt szerkezet (konceptió)
 - rétegek, rétegfunkciók, rétegek együttműködése, egymásra épülése komplex funkciók (szolgáltatások) megvalósításához
 - nyilvános, szabványos interfészek
 - nyílt API-k a hálózati szoftverek számára
 - részletesebben, pontosabban ITU-T
 - példák rétegfunkciókra, szolgáltatás megvalósítására a rétegszerkezetben



- A hálózati szoftver architektúrája
 - rugalmas platform-funkciók
 - gyártófüggetlen szerkezet
 - hálózat elfedése middleware-rel
 - harmadik oldali alkalmazásfejlesztések támogatása



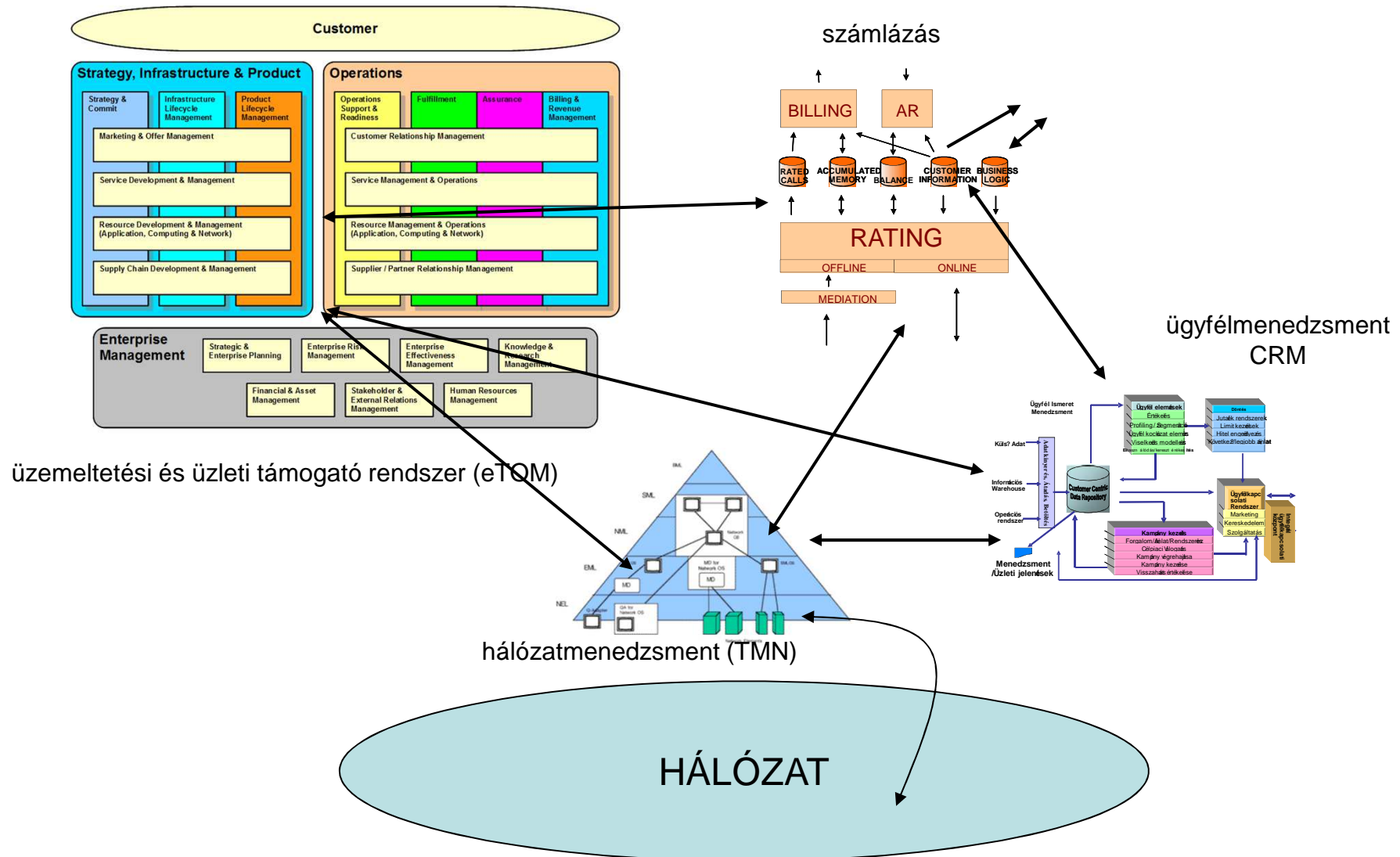
- Open Platforms vs. Walled Gardens
 - „Web is Dead Long Live the Internet”



Irodalmak (HTI17)

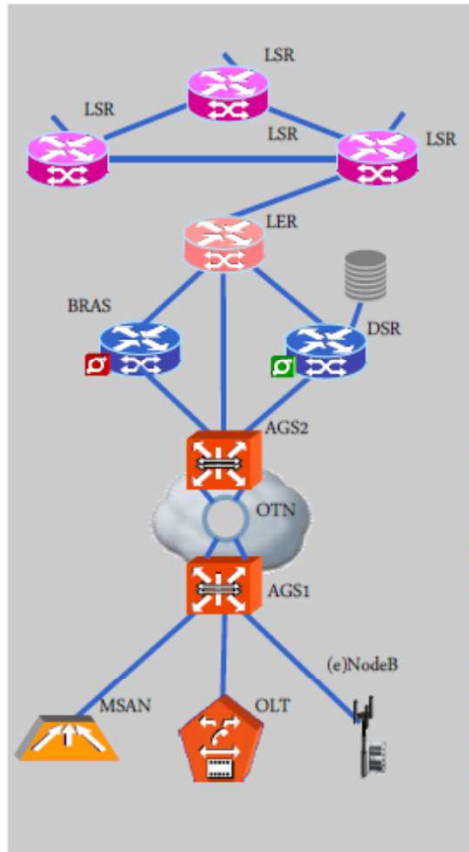
áttekintés: 2.I.b.iv. (tárolt változat zip-ben: 1522124.pdf) és 2.I.d
részletes: 2.I.a

OSS, BSS



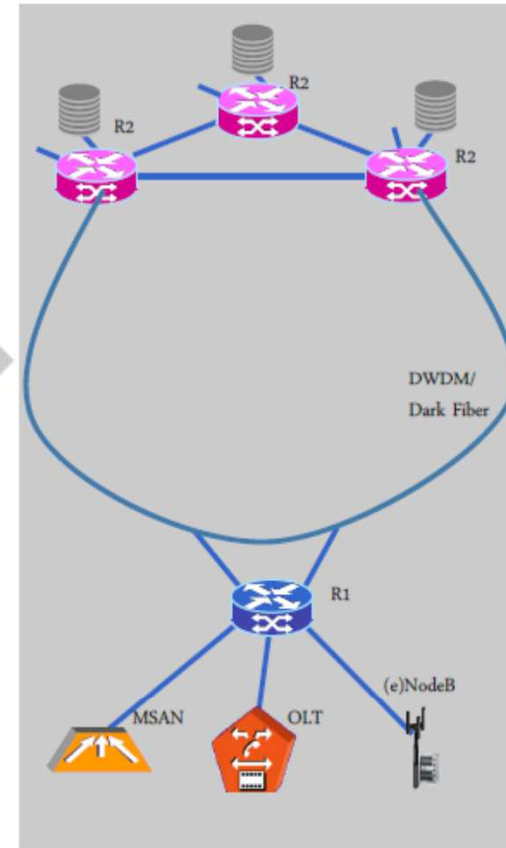
Simplicity

Typical IP Network

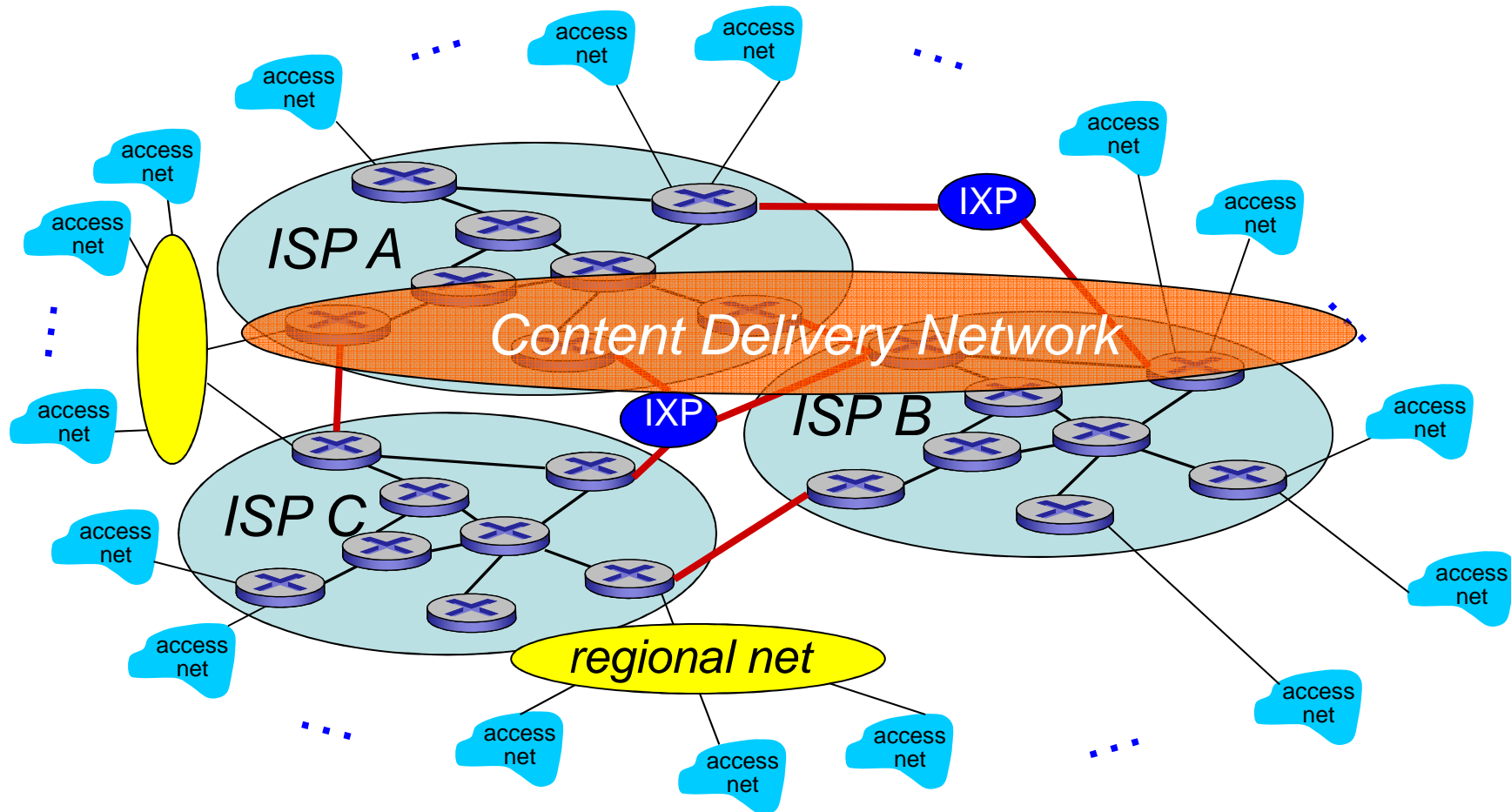


- AGS - Aggregation Switch
- BNG - Broadband Network Gateway
- BRAS - Broadband Remote Access Server
- DSR - D-Server Router
- DWDM- Dense Wavelength Division Multiplex
- LER - Label Edge Router
- LSR - Label Switch Router
- MSAN - Multi Service Access Node
- OLT - Optical Line Termination
- OTN - Optical Transport Network

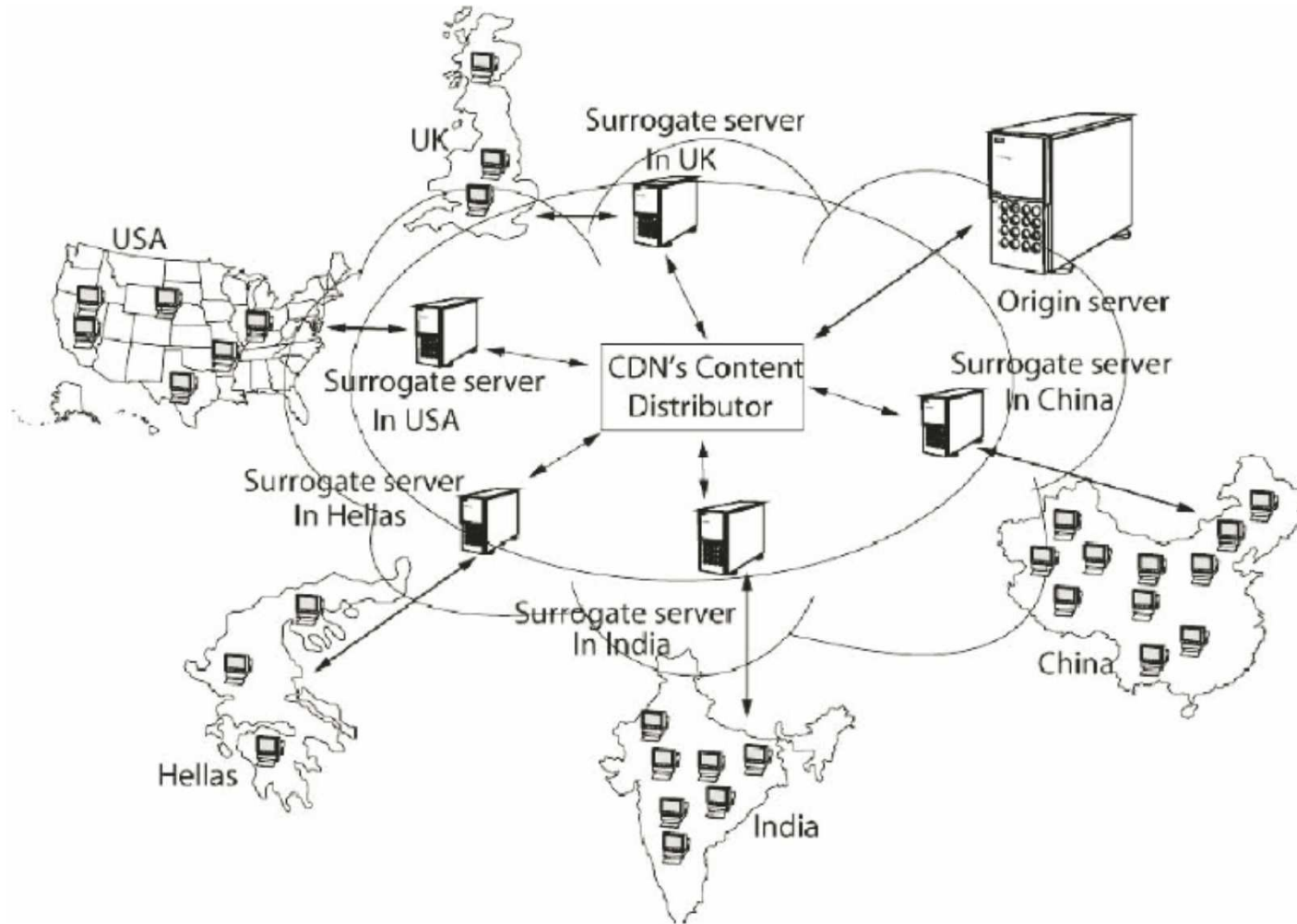
TeraStream network



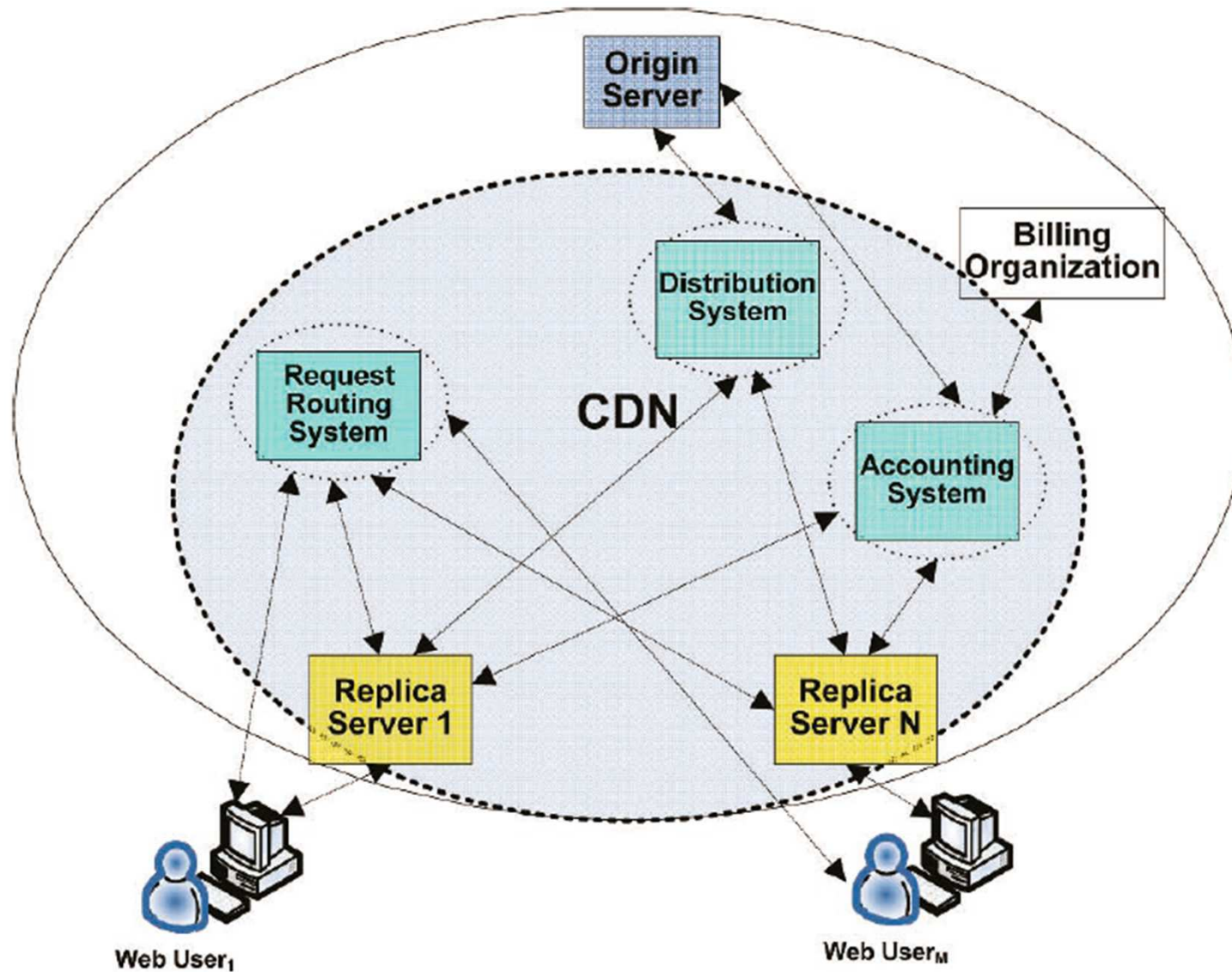
Az Internet szerkezete - CDN

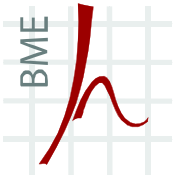


CDN modell



CDN funkciók





Néhány skálázási probléma áttekintése

| Tendencia | Hálózati szegmensenkénti hatás, probléma, | | | Csomag alapú szolg. platform |
|---|---|---|--|--|
| | Hozzáférési szegmens | Aggregációs szegm. | Gerinchálózati szegm. | IP |
| hostok növekvő száma (publikus Internet, mobil Internet, okostelefonok, Internet of Things) | osztott erőforrásokért versenyzők számának növekedése mellett kell az egy felhasználónak jutó sávszélességet növelni (pl. TDM PON, mobil) | több hálózati oldali access berendezés (DSLAM, CMTS, OTN, BS) csatlakoztatása, nagyobb kapacitásigény, hibatűrés, | nagyobb kapacitásigény, hibatűrés (IP, WDM), megnövekedett tranzitforgalom (L3 vs L1 tranzit) | címtartomány, routing komplexitása, forgalomaggregálás (címaggregálás) fokozása (IP/MPLS), hibatűrés (IP/MPLS TE), új: Segment Routing |
| sávszélesség-intenzív alkalmazások terjedése (felhasználói videók, egyre nagyobb felbontás) | felhasználók növekvő sávszélesség igénye, sávszélesség*távolság növelése (ADSL, VDSL, DOCSIS, PON, hibrid optika – réz, hibrid TDM-WDM PON, mobil cellaméret, heterogén mobil hálózatok, Home Base Station) | nagyobb kapacitásigény, hibatűrés, erőforrás-hatékonyság (L2 multicast, IGMP snooping) | nagyobb kapacitásigény, hibatűrés (IP, WDM), megnövekedett tranzitforgalom (L3 vs L1 tranzit), peering helyett CDN | erőforrás-hatékonyság (multicast), garantált szolgáltatásminőség (QoS) |
| minden szolgáltatást mindenkor, mindenhol (nomaditás, mobilitás) | WiFi hot spotok, mobil technológiák (lefedettség, kapacitás – növekedő számú BS) | mobil fronthaul és backhaul, mobil edge computing | mobil backhaul, | mobil backhaul, mobil edge computing |

Skálázási problémák és megoldások a hozzáférési szegmensben

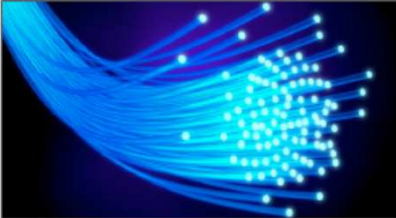



- Sodrott érpár alapú, és hibrid
 - DSLAM uplink kapacitásnövelés (a megnövekedett aggregált felhasználói forgalmakhoz)
 - DSL (ADSL, ADSL 2 és 2+, VDSL) – távolság*sávszélesség növelése
 - nagyobb sávszélesség: fizikai réteg módosítása (pl. nagyobb spektrum)
 - nagyobb távolság (áthallás csökkentésével) : jelszint és jelsebesség adaptivitása, vectoring
 - több érpár használata (ADSL 2+ és VDSL: TP bonding), két fizikai érpáron három (VDSL: phantom mode) kétirányú összeköttetés
 - Hibrid optikai+réz érpár a távolság*sávszélesség növelésére
 - Kihelyezett mini DSLAM (PON csatlakoztatás hálózat felé, rövidebb „rézhossz” felhasználó felé)

Irodalmak (HTI17)

áttekintés: 3.I.a.i, 3.I.c.iv., 3.I.e.ii

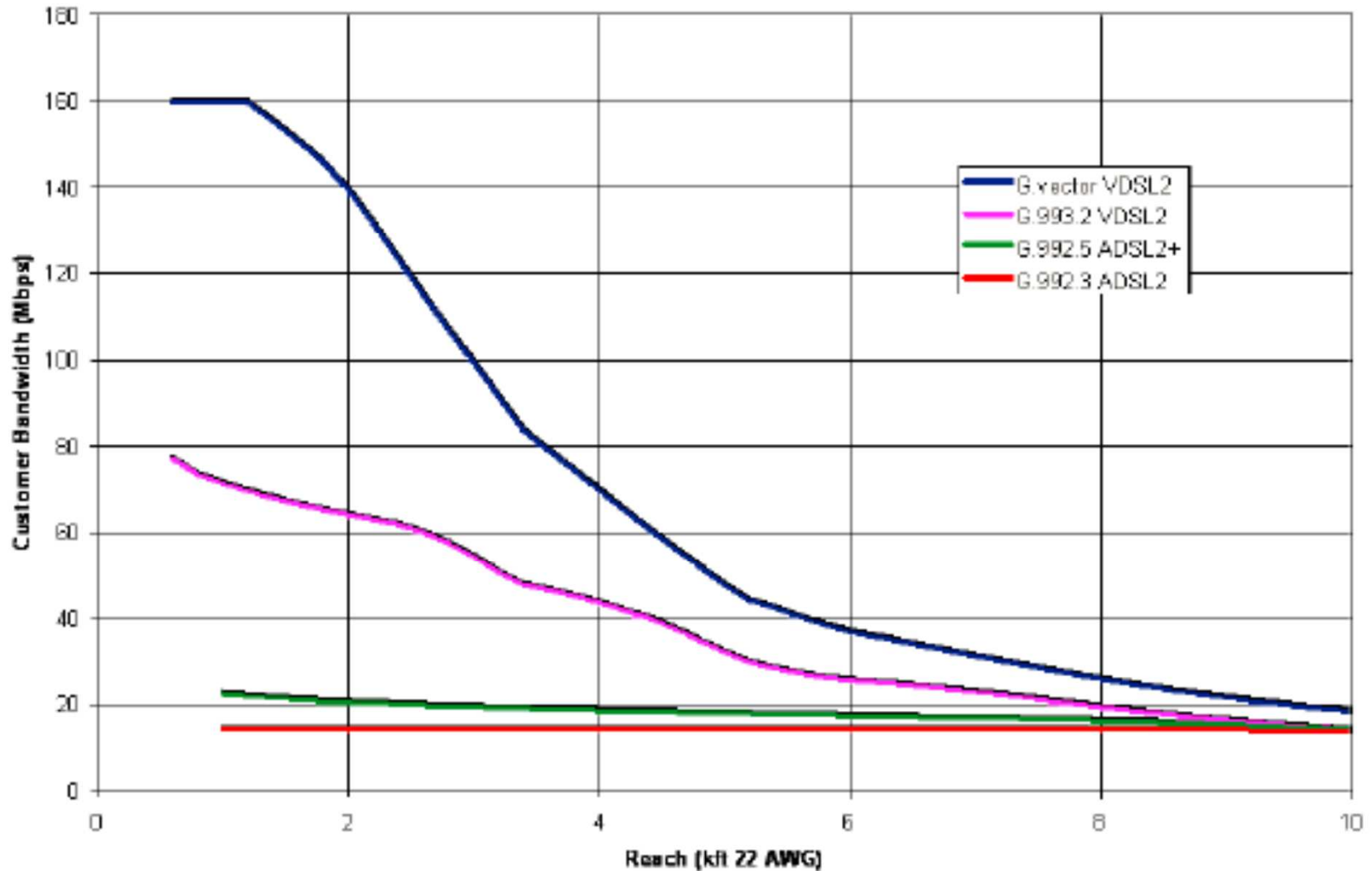
részletek: 3.I.f. i.-iv.

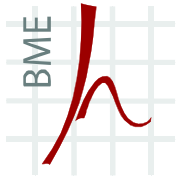
Különböző hozzáférési technológiák potenciális spektrális tartományai

| Physical Medium | Bands | Total spectrum |
|---|--|--|
|  <p>Fiber High purity glass</p> | O-band: 1260 - 1360nm E-band: 1360 - 1460nm S-band: 1460 - 1530nm C-band: 1530 - 1565nm L-band: 1565 - 1625nm | <p>45,000GHz not all bands are used on the same fiber - today</p> |
|  <p>HFC Coaxial cable</p> | Upstream: 5 - 42MHz TV (analog): 54 - 552MHz TV (digital): 552 - 678MHz Data: 678 - 690MHz TV (digital): 690 - 750MHz Future upgrade: up to 1700MHz | <p>1.7GHz</p> |
|  <p>Wireless Radio Frequency</p> | Licensed (mobile operator): 700, 800, 1700, 1900, 2100, 2300, 2500MHz Unlicensed (WiFi): 2400MHz, 5000MHz | <p>0.5GHz licensed spectrum</p> |
|  <p>xDSL Copper wire</p> | Voice: 0 - 4kHz DSL: 26 - 138kHz ADSL: 26kHz - 1.1MHz ADSL2: 26kHz - 2.2MHz VDSL: 26kHz - 8.8MHz VDSL2: 26kHz - 30MHz | <p>0.03GHz</p> |

xDSL teljesítőképességek

xDSL Performance Comparison





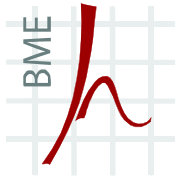
Skálázási problémák és megoldások a hozzáférési szegmensben

- Koax alapú és hibrid
 - DOCSIS 2.0-tól
 - QoS service flow alapon
 - hibrid optika (PON, CWDM) – koax (HFC)
 - DOCSIS 3.0
 - nagyobb downstream kapacitás - csatornanyalábolás: adatkapcsolat több tévécsatorna helyén (channel bonding)
 - multicast támogatás
 - IPv6

Irodalmak (HTI17)

áttekintő: 3.II.a.ii, 3.II.b.ii,

részletes: 3.II.a.iii, 3.II.a.iv 3. fejezetig, 3.II.c.i,



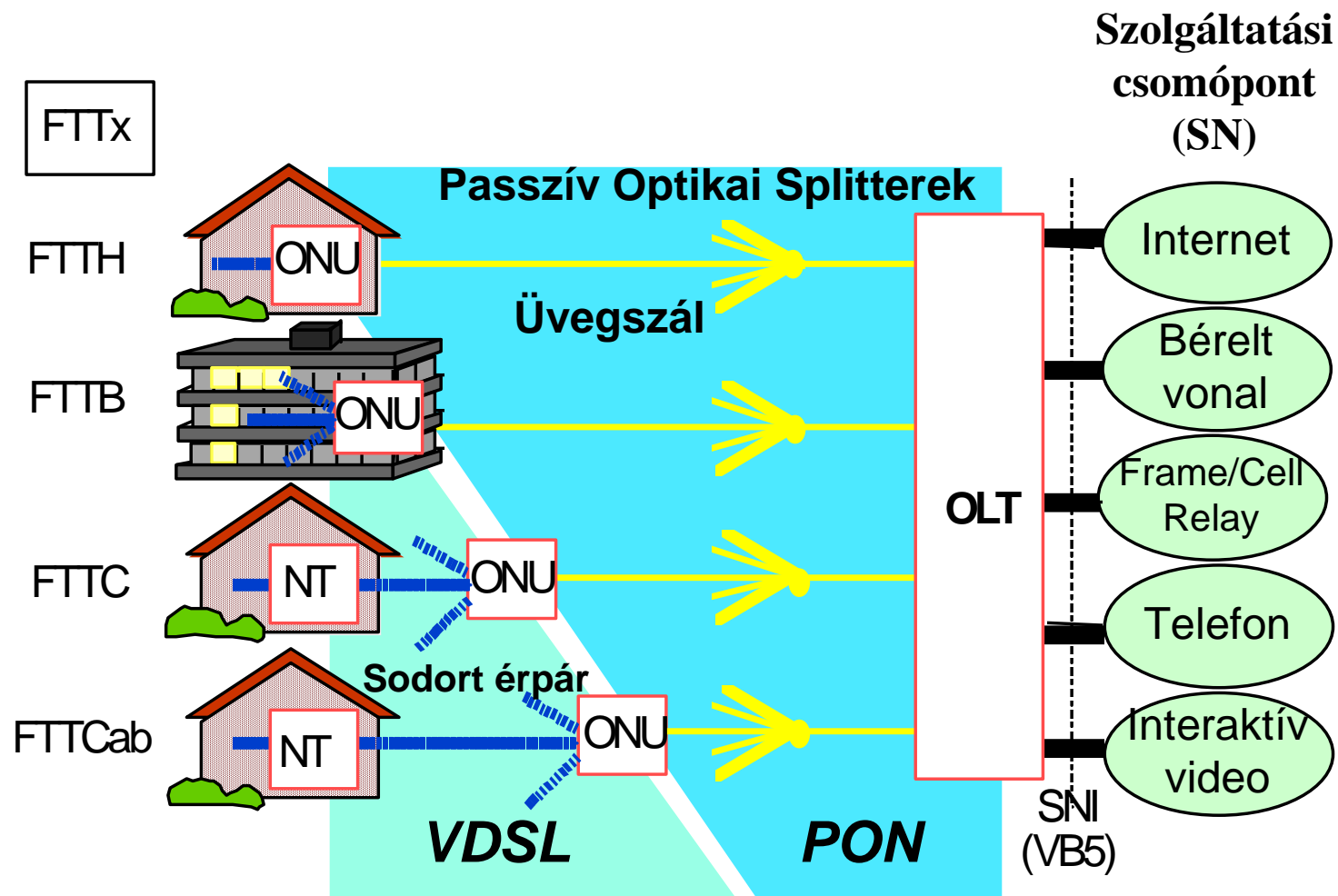
Skálázási problémák és megoldások a hozzáférési szegmensben

- PON
 - TDM PON 1G -> 10G
 - WDM PON
 - hibrid TDM-WDM PON (TWDM PON-ként is említik)
 - felhasználó TDM alapon
 - több TDM PON összefogása WDM alapon

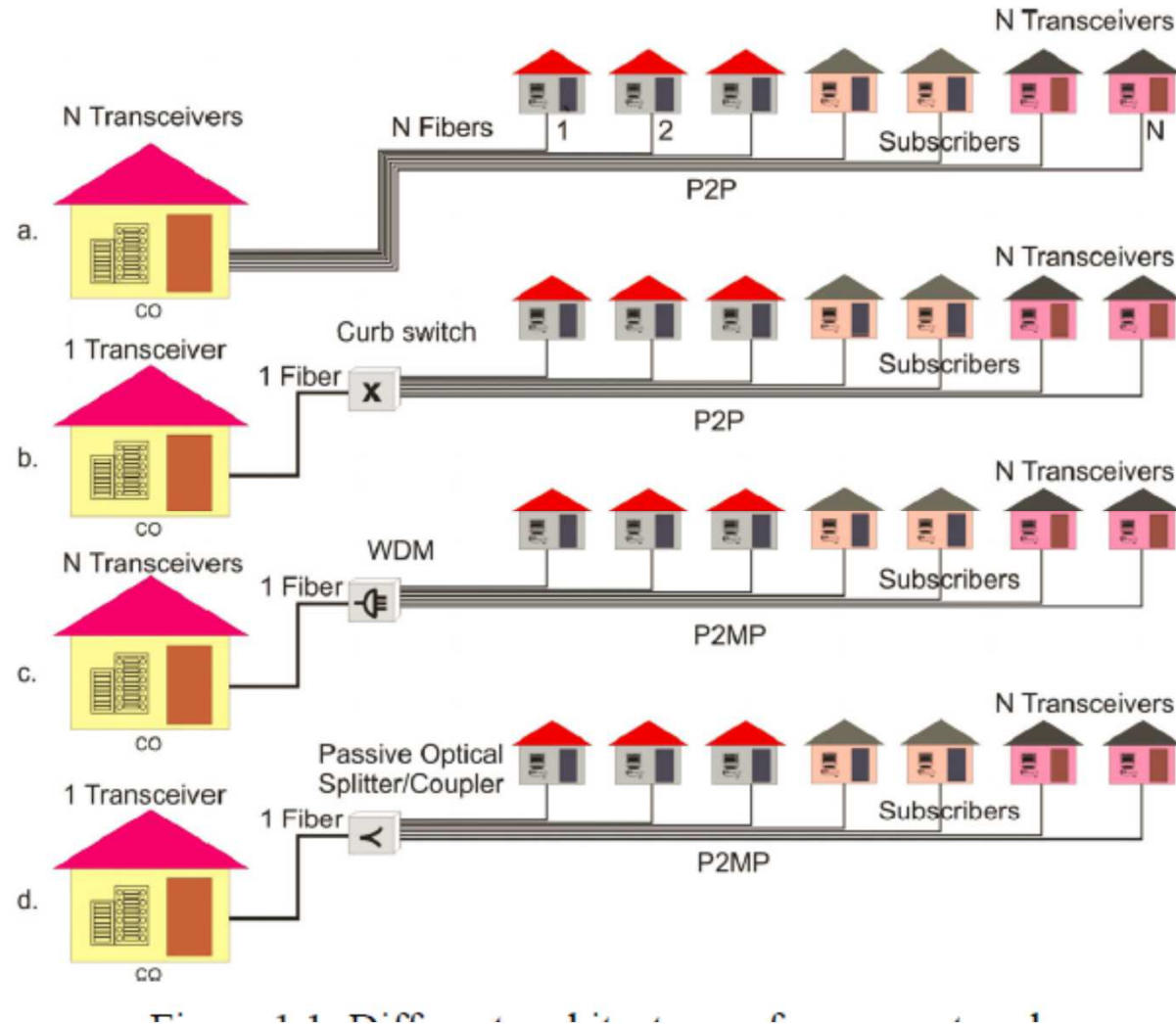
Irodalmak (HTI17)

áttekintő: 3.III.a.ii, 3.III.b.i , 3, III. c. ii, 3, III. d. i, 3, III. f. i,
részletes: 3.III.a.iv, 3.III.a.vi,

Fényvezető végpontja szerinti megoldási változatok

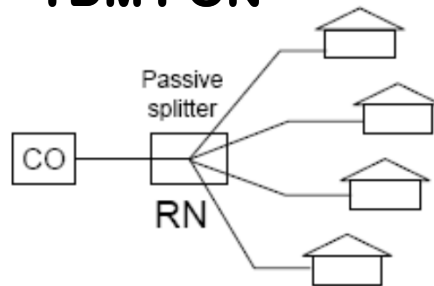


PON architektúrális változatok



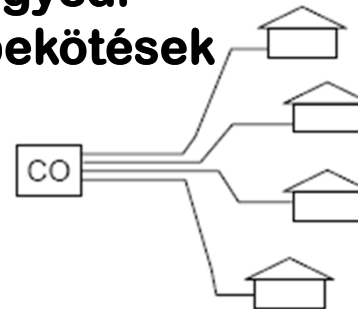
PON architektúrák változatok

TDM PON



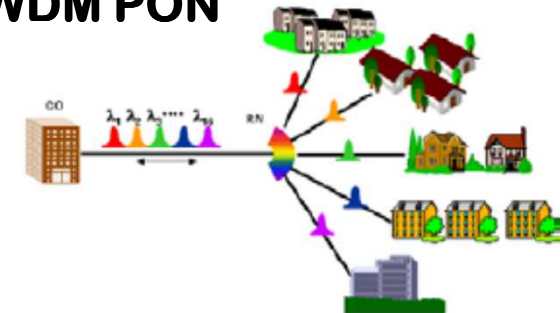
- minimális optikai szál szükséglet
- minimális helyigény és végződtetési funkció a hálózati oldalon
- az US és DS sávszélességen osztoznak a különböző távolságra lévő felhasználók (terjedési idő, jelszint, sávszélesség skálázás, ütemezés komplexitása)
- Felhasználói oldalon nagyobb sebességű eszközök, mint kommunikációs igény (TDM)
- fejlesztési korlátok (közös és osztott funkciók)

egyedi bekötések

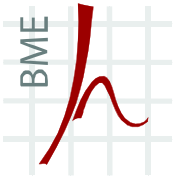


- Időtálló, transzparens (protokoll, sebesség) architektúra
- dedikált infrastruktúra: privacy, sávszélesség-skálázás
- felhasználó-specifikus skálázhatóság
- felhasználónkénti szálak, felhasználónkénti adók és vevők a hálózati oldalon (hely, tápellátás)

WDM PON



- minimális optikai szál szükséglet és helyigény a hálózati oldalon
- időtálló transzparens hullámhossz minden egyes felhasználóhoz



Skálázási problémák és megoldások a aggregációs szegmensben

- Ethernet LAN-ból nyilvános szolgáltatói hálózatba
 - CSMA/CD helyett kapcsolt
 - HW redundancia a szolgáltató szintű rendelkezésreálláshoz
 - 802.11 p/q a forgalom prioritizálásához és szétválasztásához (VLAN-ok)
- Nyilvános szolgáltatói Ethernet korlátok feloldása
 - autolearninghez STP, de a növekvő hálózatméret miatt viszonylag lassú STP adaptáció (először STP módosítások)
 - növekvő számú eszköz a nyilvános hálózati szegmensben (sok MAC cím, nagyméretű L2 forwarding táblák)
 - STP elhagyása (autolearning helyett konfigurálás menedzsmenetből) , MACinMAC, CET PBB és PBT
 - növekvő méret, komplexitás, sebezhetőség: MPLS/TE szerű védelmek
- e2e IP/MPLS
 - egyszerűbb architektúra (üzemeltetés, fenntartás)

Irodalmak (HTI17)

- áttekintő: 3.V. a.ii, 3.V.b.i, 3. V. b. iii
- részletes: 3.V.a.i, 3.V.

SWITCH: MAC CÍMEK TANULÁSA

- A switch egy táblázatban tartja nyilván a MAC cím – port párokat
- Tanulás a switchhez érkező keretek forráscímei alapján
- Ha nincs a táblában a keresett cím, akkor minden irányba kiküldi, kivéve arra, amerről jött
- Adott idő után elfelejti (vagy törölhető)

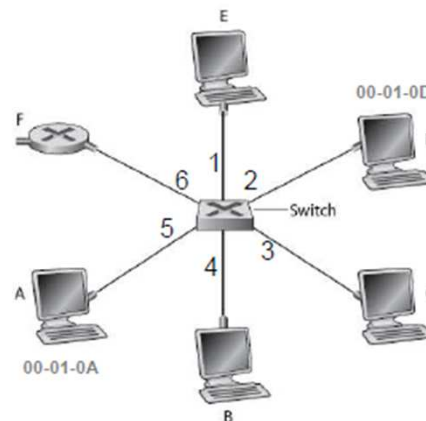
IP datagramot tartalmazó keret küldése
A-ból D-be

- A cél MAC címe már ismert A-ban
- A kapcsoló címtáblája üres

Lépések

1. Keret küldése A-ból
2. Keret érkezik az 5-ös porton
3. Címtábla frissítése A MAC címével
4. Keret szétküldése az 1,2,3,4 és 6 portokon (flooding)
5. Keret fogadása D-ben

| MAC cím | Port |
|----------|------|
| 00-01-0A | 5 |
| | |



D válaszol A-nak

- A kapcsoló címtáblájában csak A MAC címe szerepel

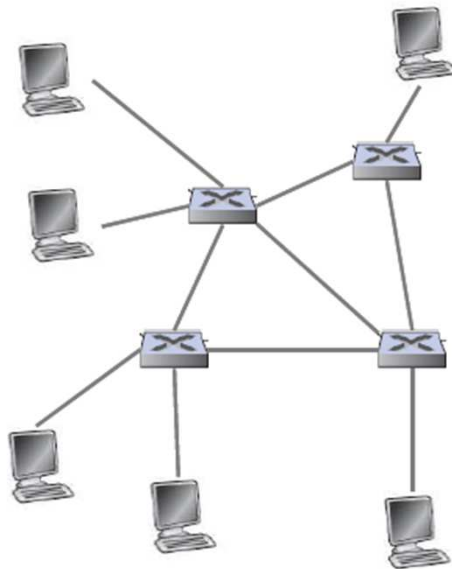
Lépések

1. Keret küldése D-ből
2. Keret érkezik a 2-es porton
3. Címtábla frissítése D MAC címével
4. Keret kiküldése az 5-ös porton (a kapcsoló előzőleg már megtanulta)
5. Keret fogadása A-ban

| MAC cím | Port |
|----------|------|
| 00-01-0A | 5 |
| 00-01-0D | 2 |

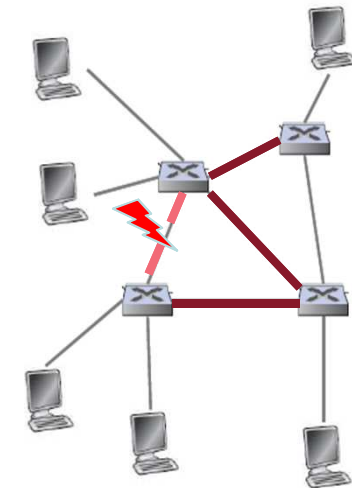
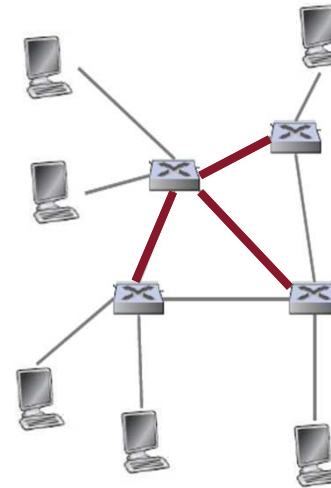
TÖBB SWITCHBŐL ÁLLÓ LAN, REDUNDÁNS TOPOLOGIA

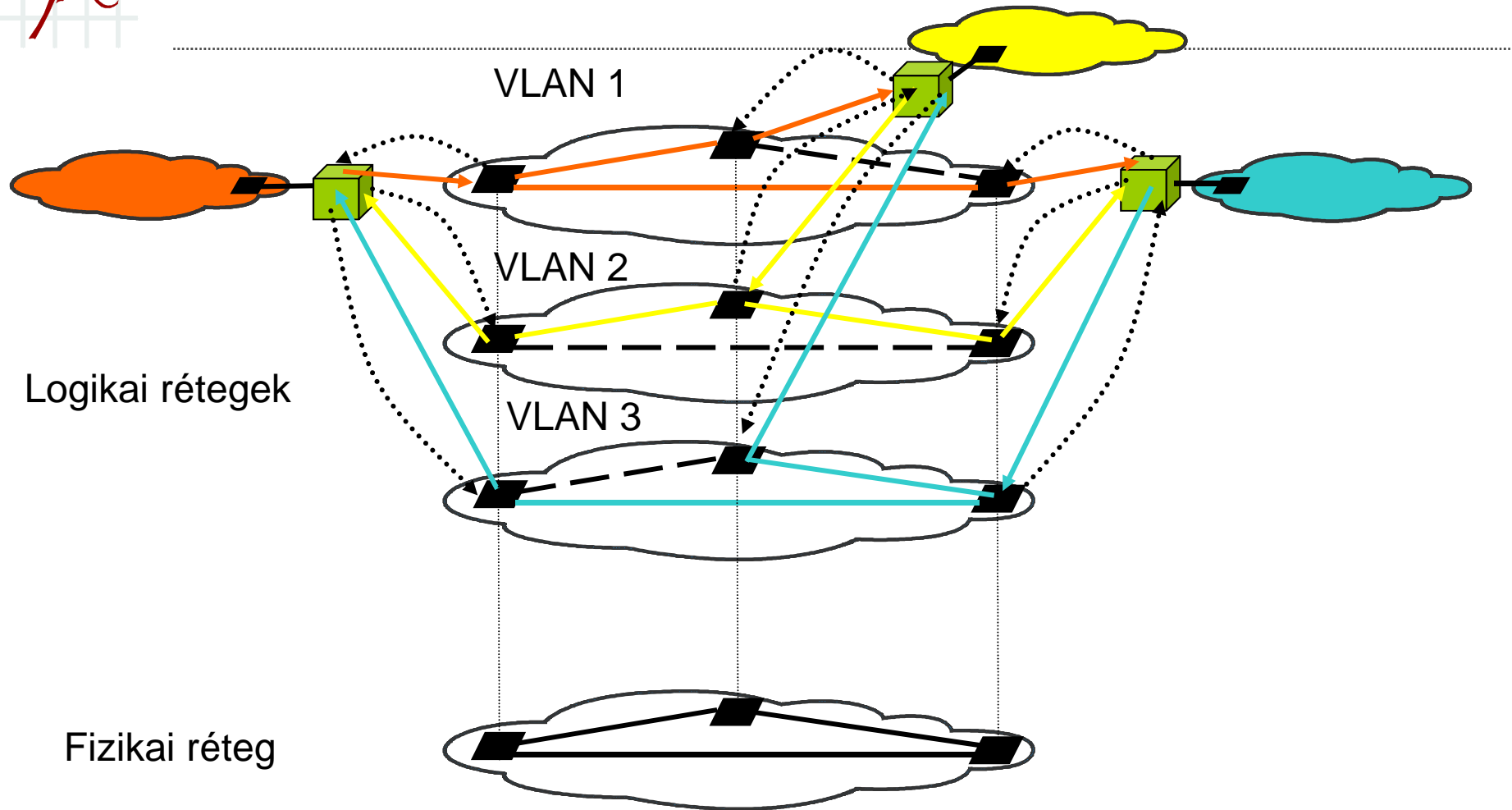
- Portok a switchben
 - Nagyszámú, de véges
- A LAN méretének növelése
 - Nagyobb switch – több port (egy határon túl nem skálázható)
 - Több switch kell
- Switch bemenetén nem csak egy hosztól jöhetnek keretek
 - A MAC táblában több cím is lehet ugyanahhoz a porthoz rendelve



- Portok a switchben
 - Nagyszámú, de véges
- A LAN méretének növelése
 - Nagyobb switch – több port (egy határon túl nem skálázható)
 - Több switch kell
- Switch bemenetén nem csak egy hosztól jöhetnek keretek
 - A MAC táblában több cím is lehet ugyanahhoz a porthoz rendelve
- Nagyobb LAN-okban sérülékenységet jelenthet, ha minden csak egyszeresen van összekötve
 - Fa szerkezetű gráf
 - Egy kábel hibája szétvághatja a hálózatot
- Redundancia
 - Többszörösen összekötött gráf
 - Hiba esetén is legyen alternatíva
- Hibamentes esetben
 - A szerkezetben lévő körök miatt továbbítási hurkok alakulhatnak ki (flooding -> broadcast storm)
 - A switch a tanulás során felesleges irányokban is kiküldhet kereteket, nem egyértelmű, hogy merről (melyik portra) érkezik egy adott forrás MAC című keret a switchhez

- A megoldás
 - Csak erre kiválasztott linkeken menjen forgalom
 - Feszítőfa képző protokoll – Spanning Tree Protocol (STP)
- Hiba esetén
 - Spanning Tree frissítése
 - Az eredetileg nem használt linkekkel egészítik ki a fát a leszakadt switch(ek) csatlakozásának helyreállításához
 - Továbbra is hurokmentes
- Új elem csatlakozása esetén változik a kép
 - Új switch
 - Switchek között új link
 - Spanning Tree frissítése
- Ha egy hoszt átkerül egy másik portra, akkor egy egyszerű broadcast keret kiküldésével a változás minden switchen azonnal érvényesíthető





Logikai rétegek

Fizikai réteg

Port alapú VLAN

Protokol alapú VLAN

MAC cím alapú VLAN

IP cím alapú VLAN

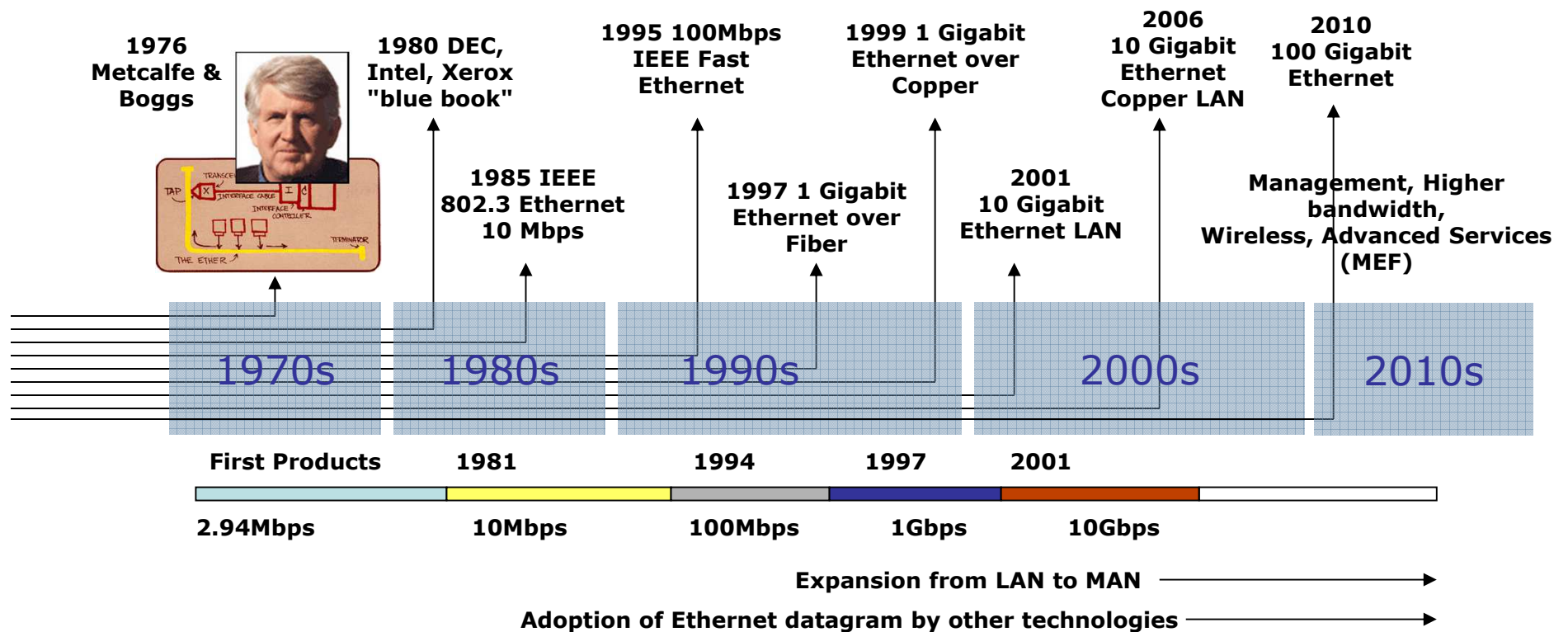
Azonos bánásmód (policy) alapú VLAN

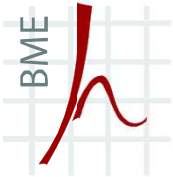
Aggregációs hálózat

- fokozatos technológia változások
 - optika: sötét szál -> CWDM
 - Ethernet (CE, PBB – PBT)
 - határa fokozatosan eltűnik, e2e IP/MPLS,
 - de 5G aggregáció (nagy állomássűrűség, mikrohullámú linkek vagy PON - vezetékes hozzáféréssel közös infrastruktúrán, de elkülönült rendszereken)
- Időszakonként meghatározó rövid távú tendenciák: a PNO hálózat adott fejlesztési szakaszához illeszkedő üzleti megfontolások
- meghatározó hosszú távú tendencia: a technológiai stack egyszerűsítése (komplexitás – interfészek, üzemeltetés, fenntartás)

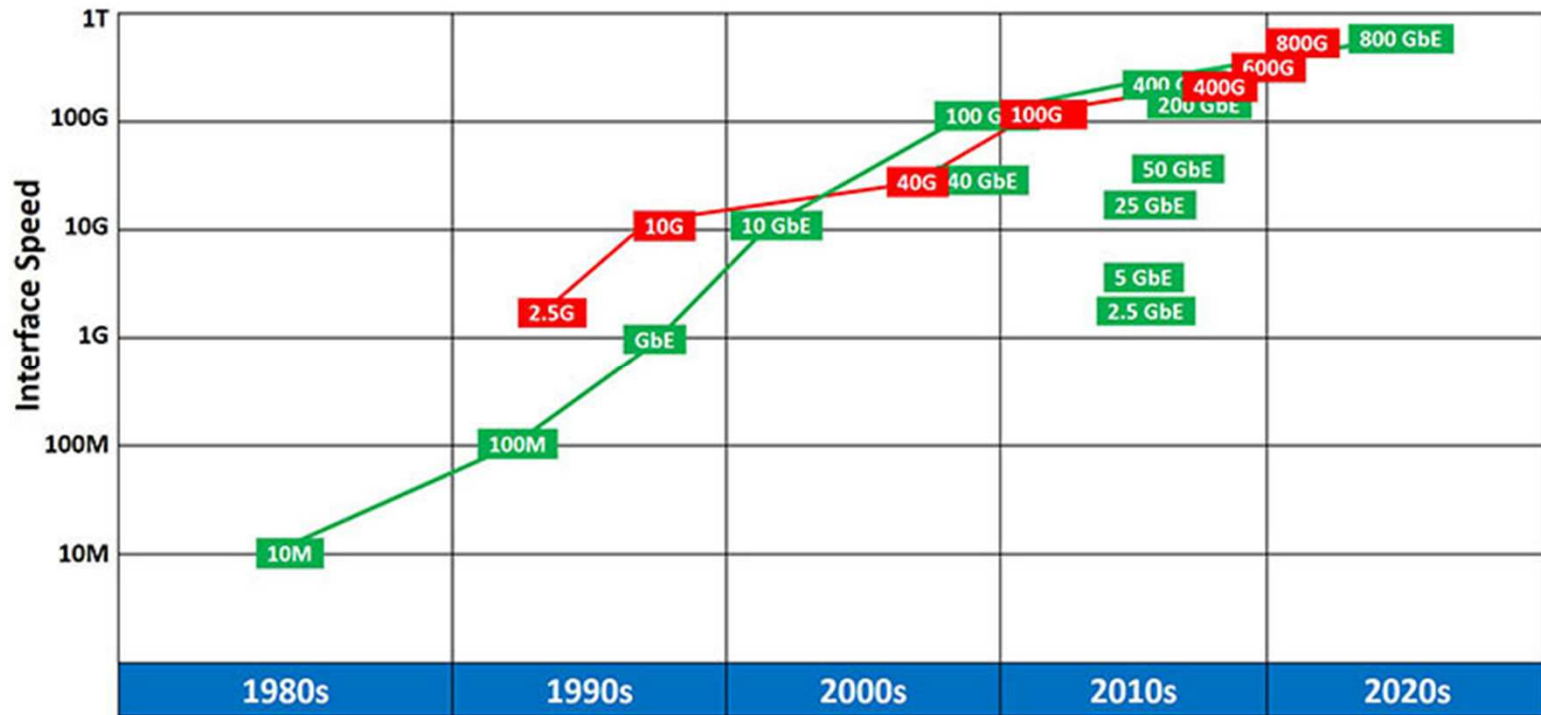
Ethernet protokoll

Metcalfe created Ethernet ... and he saw it was good!





ETHERNET SPEEDS



Ethernet Standard Defined

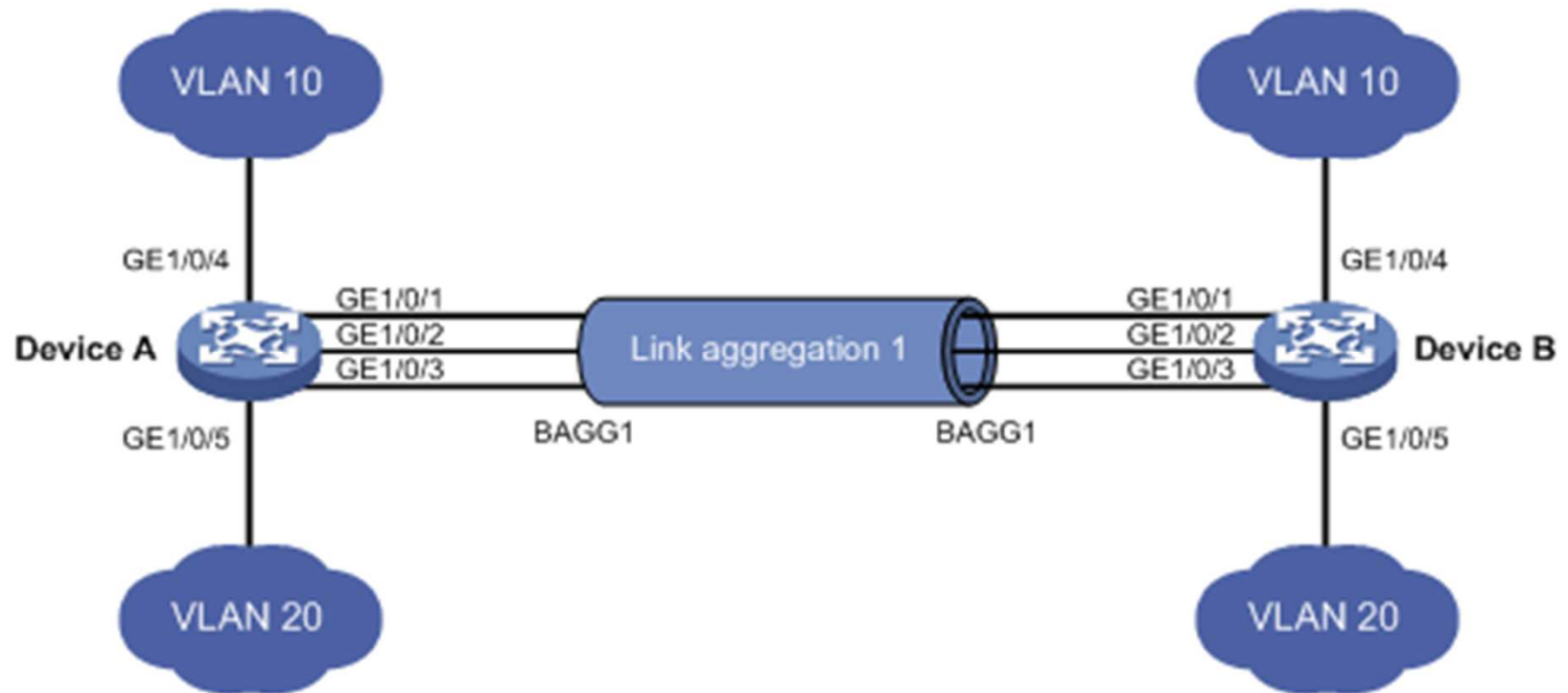
First Commercial WDM

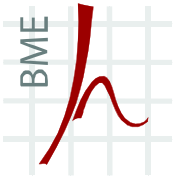
2020

ossible
e Speed

Ethernet Alliance

Ethernet link aggregation





Skálázási problémák és megoldások a gerinchálózati szegmensben

- IP
 - hatékony sáv szélesség felhasználás
 - azonos tartalom több hostnak: többszörözés a hálózatban - multicast (PIM)
 - Redundáns topológián a minimálutak húzóhatásának mérséklése (hal-probléma) – IP/MPLS TE tunnelek
 - hostok növekvő száma, IGP konvergencia sebesség problémái – hierarchikus jellegű szerkezet (OSPF areak, loop free alternate fast reroute), reguláris topológia
 - egyre nagyobb routing táblák, kiosztható címtartomány fogyatkozása
 - classfull routing -> classless routing, CIDR
 - IP/MPLS: az MPLS felhő szélén marking, a felhőben csak címke alapú forwarding
 - nagyobb méret és komplexitás, megnövekedett sebezhetőség, hálózatvédelem: IGP adaptáció lassú, IP/MPLS TE védelmi megoldások intenzív hibamenedzsment támogatással

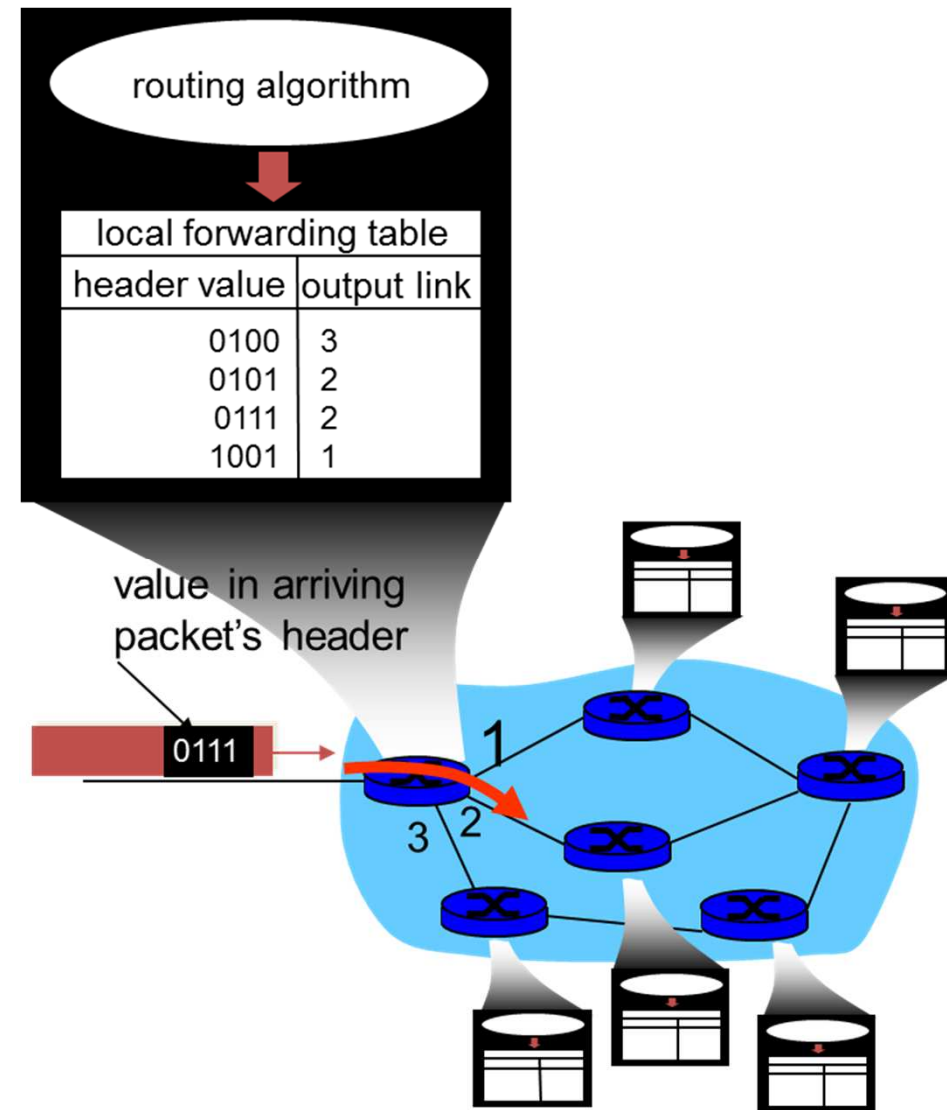
ÚTVONALVÁLASZTÁS ÉS TOVÁBBÍTÁS KAPCSOLATA

Útvonalválasztás (routing)

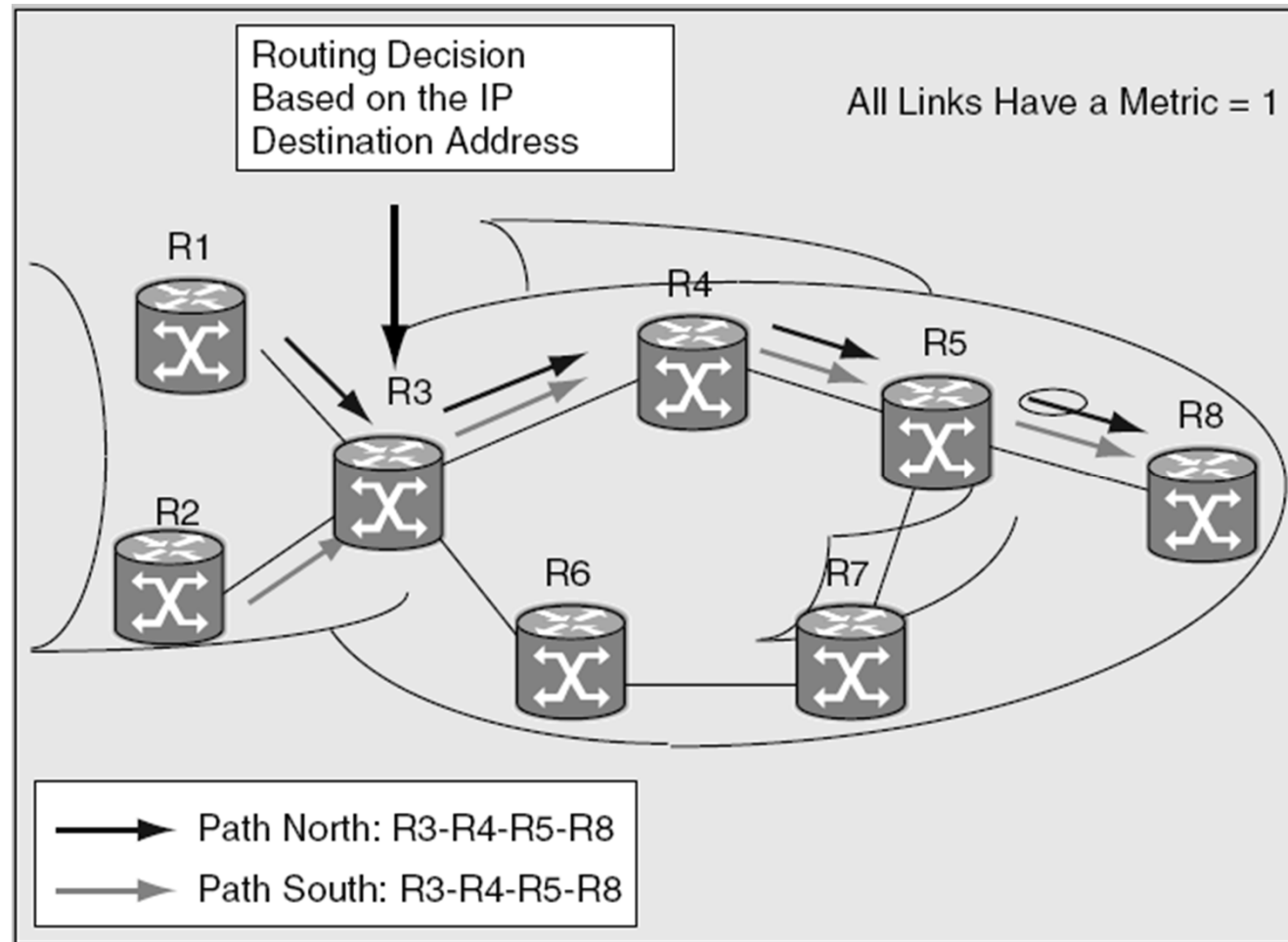
- a routing protokoll alapján a router
 - összegyűjti a különböző célcímek elérését meghatározó információkat
 - meghatározza a célcím preferált elérési útját
 - routing táblájába bejegyzi a célcím, kimenő interfész adatpárt

Datagram továbbítása (forwarding)

- a beérkező datagram célcíme alapján a router a megfelelő kimenő interfészre továbbítja a datagramot



A klasszikus „hal” probléma



IP/MPLS működés

