

Kommunikációs Hálózatok 2

Adatkapcsolati réteg 1./3

Link Layer Top-Down!

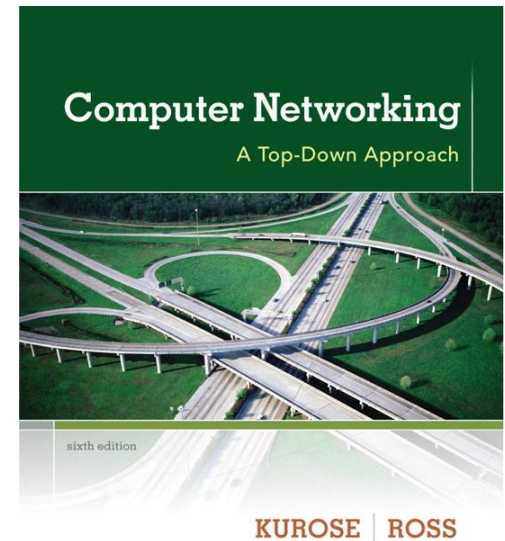
Cinkler Tibor

BME TMIT

2020. április 28.

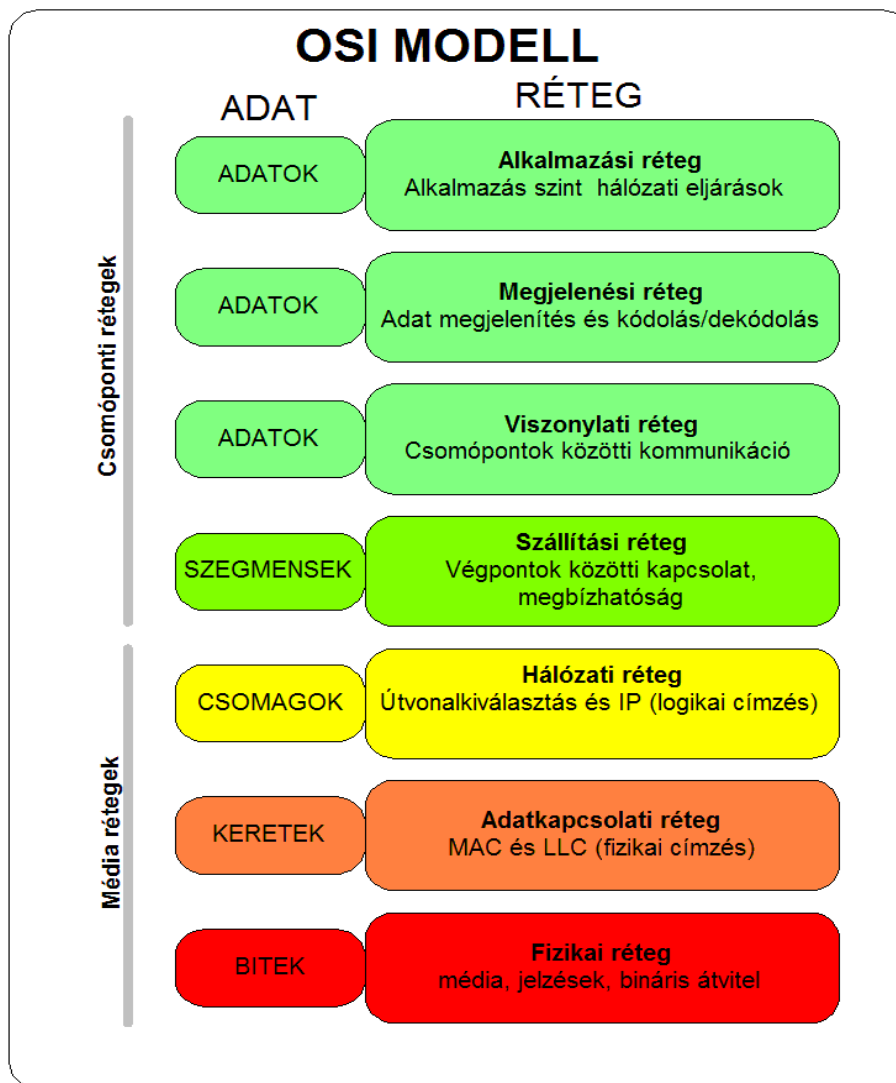
Kedd 12:15 - 13:45, online

<http://w3.tmit.bme.hu/kh2/>



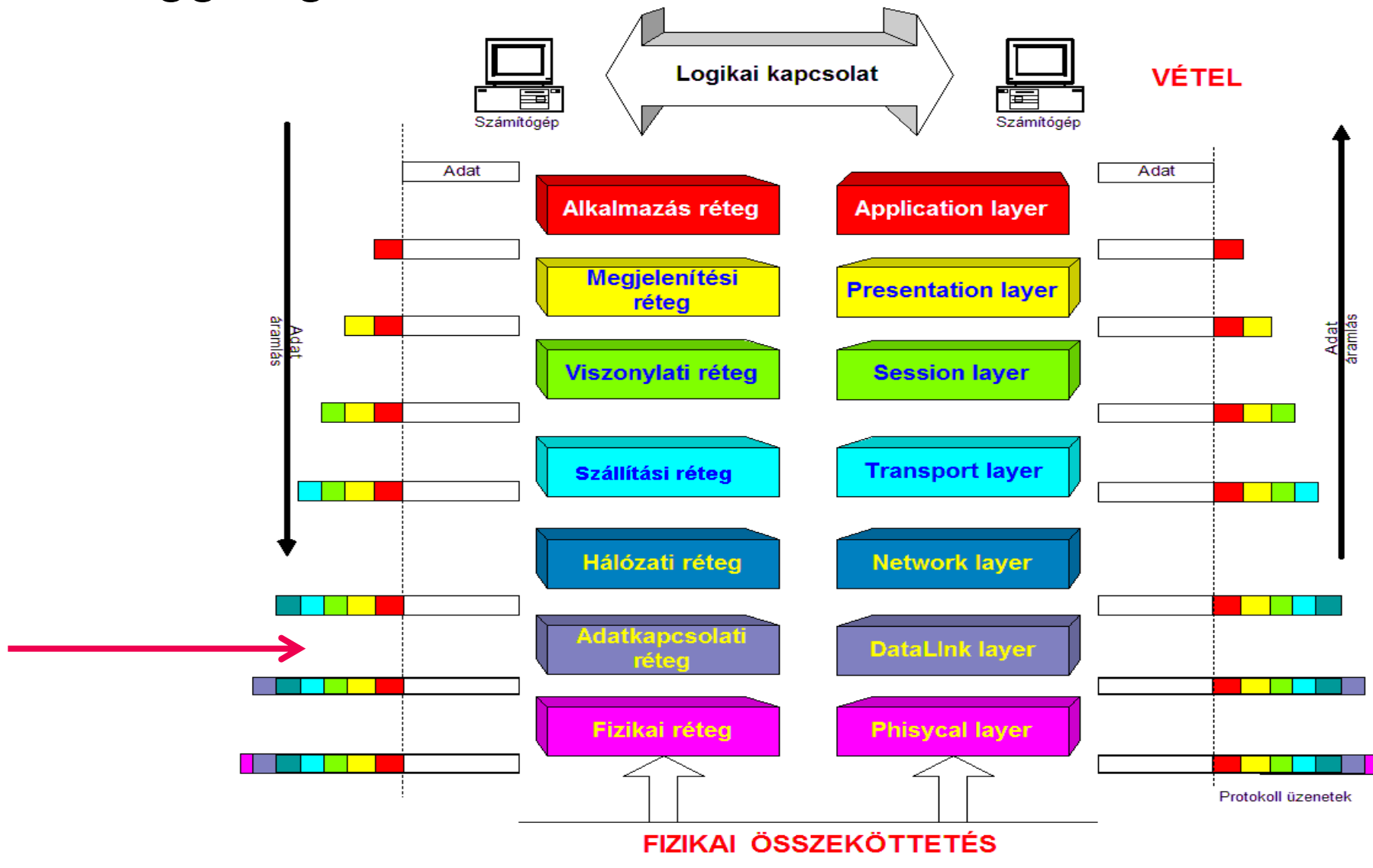
ISO OSI: a 7 rétegről – Csak ismétlés!!!

- ❑ OSI: Open Systems Interconnection
- ❑ ISO: International Organization for Standardization
- ❑ www.iso.org
- ❑ ISO/IEC 7498-1

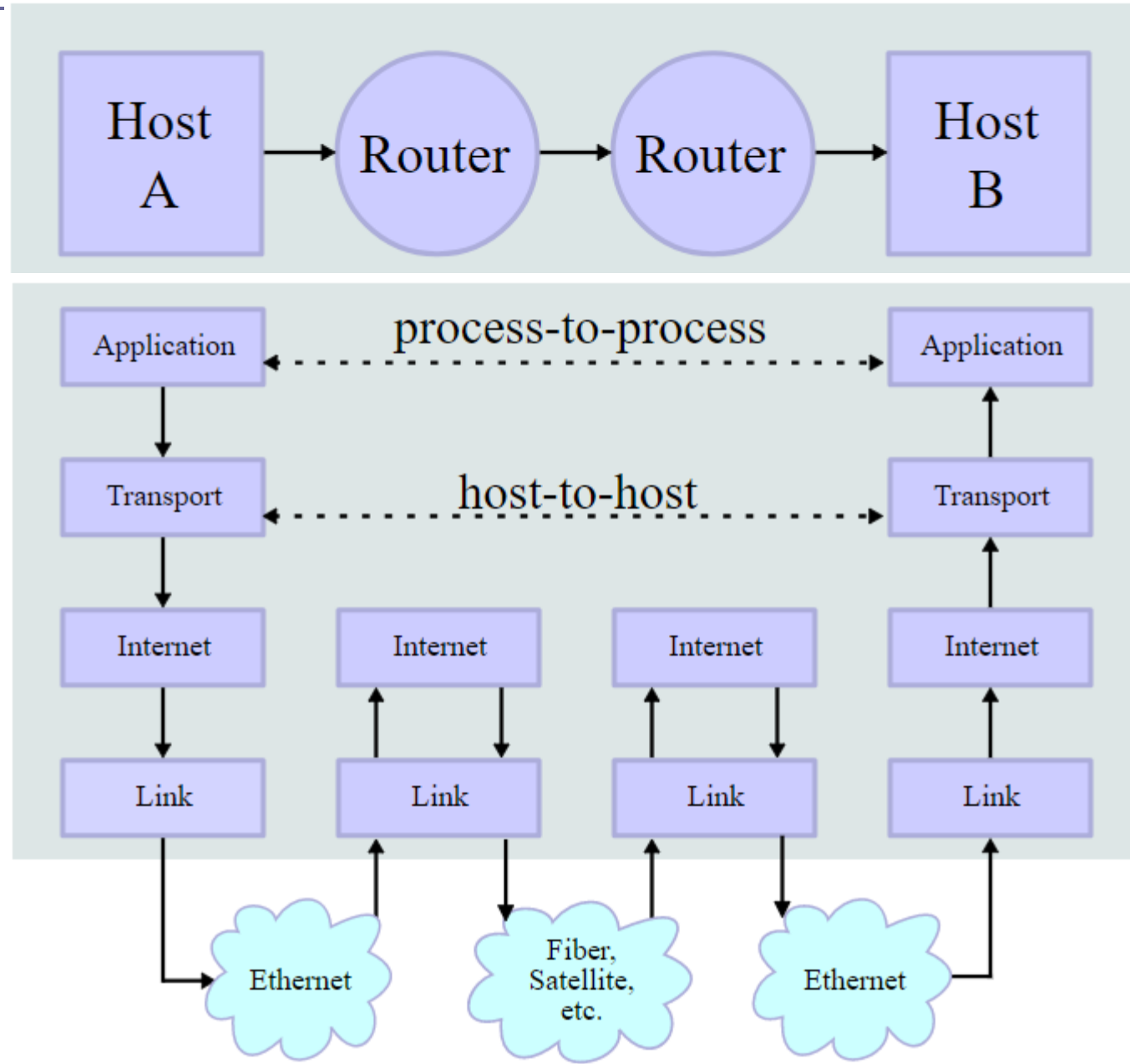


Egy adategység útja

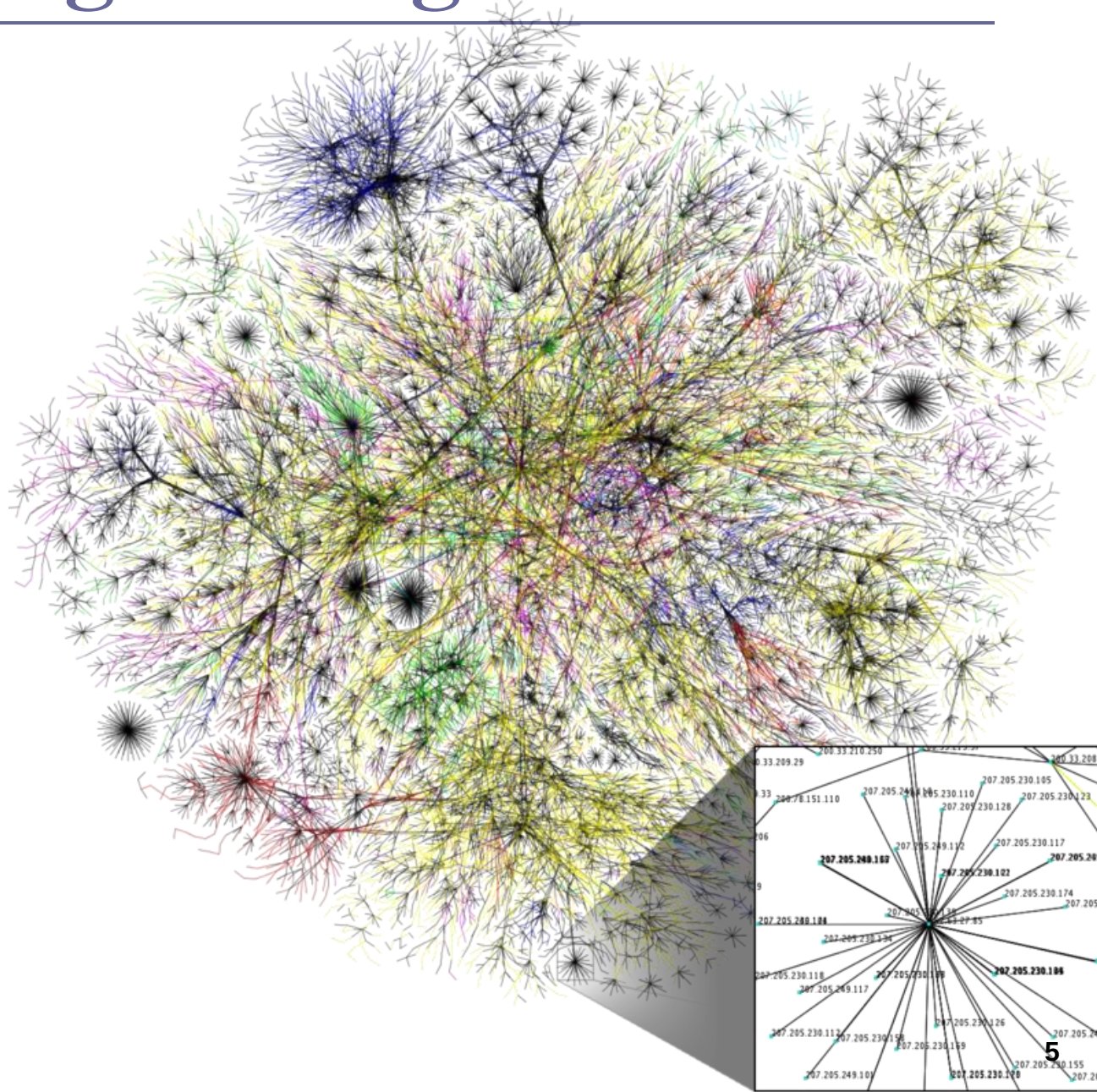
□ „Függőlegesen” és „vízszintesen”



DataLink Layer - Adatkapcsolati Réteg



Internet Protocol Suite



L2 Adatkapcsolati réteg bevezető (DLL)

- Az L2 csomag a **keret**
 - Datagram - adataegység
 - Fejrész
 - MAC cím
 - Farokrész
 - Csatorna Hozzáférés
- Az adatkapcsolati réteg feladata egy datagram (adataegység) átadása egy szakaszon egy szomszédos csomópontnak
- Csomópont: switch (kapcsoló) router (útvonalválasztó), host (számítógép)
- Szakasz: csomópontok közti csatorna:
 - vezetékes (pl. Ethernet) vagy
 - vezeték nélküli (pl. Wi-Fi)

L2: Adatkapcsolati Réteg (DLL)

- **MAC** és LLC alrétegek és címezés
 - logikai kapcsolatvezérlő (felső alréteg)
 - (LLC: Logical Link Control, IEEE 802.2)
 - közeghozzáférés-vezérlő (alsó alréteg)
 - (MAC: Media Access Control)
- **ARP** (IETF, RFC 826, 1982 Address Resolution Protocol)
- (Neighbor Discovery Protocol (NDP, ND) IPv6-nál ARP helyett)
- DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)
- PPP (Point-to-Point Protocol RFC 1661)
- IEEE 802.3 (**Ethernet**) (következő órán)
- IEEE 802.11 a/b/g/n/ac (Wi-Fi / **WLAN**) (következő órán)
- **MPLS** (L 2.5)



LLC logikai kapcsolatvezérlő

- ❑ **Logical Link Control, IEEE 802.2**
- ❑ **Adatkapcsolati réteg felső alrétege**
- ❑ **3 szolgáltatástípusa van**
 - **Nyugta nélküli összeköttetés mentes mód (kötelező)**
 - **Összeköttetés alapú (opcionális)**
 - **Nyugtázott összeköttetés mentes mód (opcionális)**
- ❑ **Ethernetet kivéve mindenhol kötelező használni!**

MAC azonosító / MAC cím

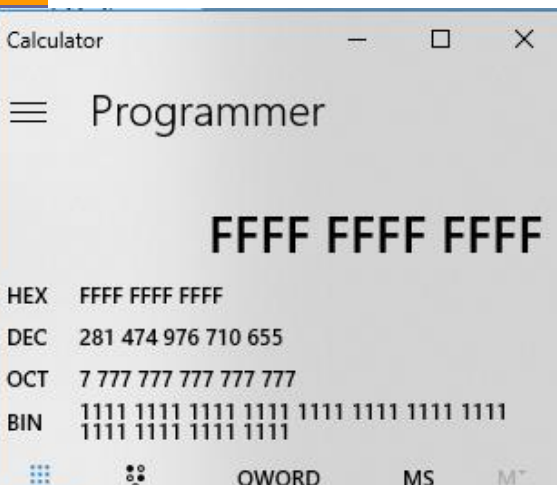
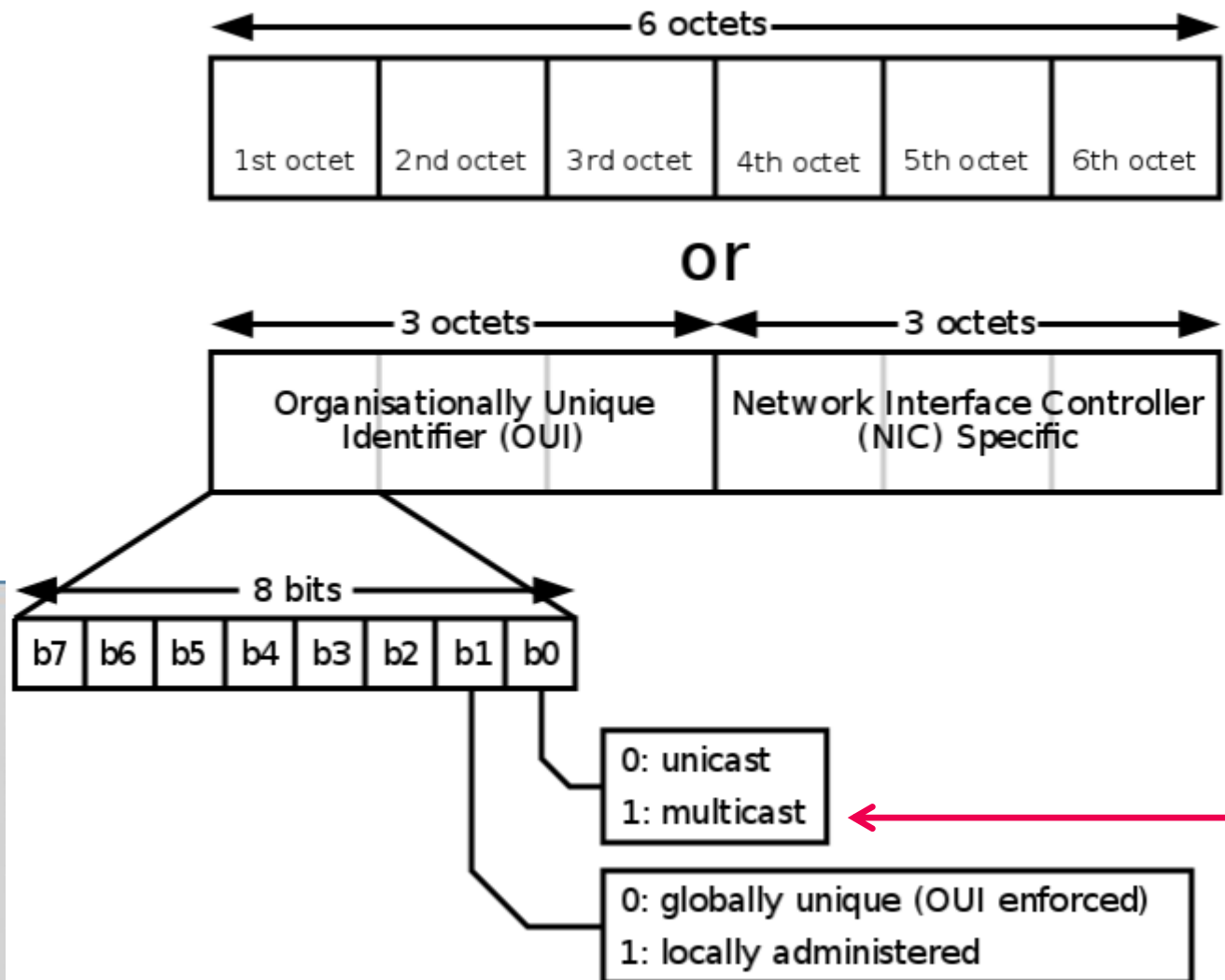
- **Az azonosítót a gyártó rendeli az eszközhöz**
 - NIC: Network Interface Controller (NIC)
 - ROM vagy FirmWare része
 - Átírható (általában) de nem illik...
- **Háromféle IEEE MAC cím képzési mód:**
 - (MAC-48) EUI-48, EUI-64
 - Azonosító - EUI: Extended Unique Identifier
 - Adatkapcsolati rétegben azonosít
- **Uni-Cast, Multi-Cast, Broad-Cast**
 - Adott tartományon belül minden NIC megkapja
 - U – csak az a NIC fogadja aki saját címét felismeri
 - M – több NIC fogadja
 - B – minden NIC fogadja

EUI-48 cím példa

□ Broad-Cast (szórás) cím FF:FF:FF:FF:FF:FF

□ 2^{48} cím

□ **Nem kell
tudni
vizsgára!**



ARP, a címfeloldási protokoll

- ❑ Pl.: egy LAN-ban 2 gép
- ❑ 1. küldene 2.-nek
- ❑ 1. kideríti DNS-ből, hogy 2. IP címe: 192.168.0.55
- ❑ Kéne a 2. gép MAC címe!!!
- ❑ Megnézi helyi ARP cache-jében (ARP táblázat) (look up table)
- ❑ Ha megtalálja jó, ha nem akkor
- ❑ broadcast ARP üzenetet küld FF:FF:FF:FF:FF:FF MAC címre
- ❑ Mindenki megkapja, de csak 192.168.0.55 válaszol, hogy
- ❑ 00:eb:24:b2:05:ac
- ❑ 1. beírja helyi ARP táblájába 192.168.0.55 - 00:eb:24:b2:05:ac
- ❑ Ezentúl tudja (míg lejár vagy törlik)
- ❑ 2. is beírhatja magánál

IPv4 – Ethernet címfeloldás ARP keret

Nem kell
tudni
vizsgára!

Internet Protocol (IPv4) over Ethernet ARP packet		
octet offset	0	1
0	Hardware type (HTYPE)	
2	Protocol type (PTYPE)	
4	Hardware address length (HLEN)	Protocol address length (PLEN)
6	Operation (OPER)	
8	Sender hardware address (SHA) (first 2 bytes)	
10	(next 2 bytes)	
12	(last 2 bytes)	
14	Sender protocol address (SPA) (first 2 bytes)	
16	(last 2 bytes)	
18	Target hardware address (THA) (first 2 bytes)	
20	(next 2 bytes)	
22	(last 2 bytes)	
24	Target protocol address (TPA) (first 2 bytes)	
26	(last 2 bytes)	

- Küldő
- HW és
- SW címe

- Cél
- HW és
- SW címe

ARP: Címfeloldás – egy kis gyakorlat

Házi Feladat

Nem kell tudni vizsgára!

- getmac
- ipconfig/ifconfig
- arp
- nslookup

- (dhcp)
- (ping)
- (traceroute)
- (hostname)
- (domain name server, DNS server, name server
– IP cím és IP név megfeleltetése)

getmac

- Kiírja valamennyi MAC címem

Házi Feladat

Nem kell tudni vizsgára!

Physical Address Transport Name

=====

E8-E0-B7-16-CF-6B Media disconnected

C8-F7-33-8A-D7-C5 Media disconnected

02-80-37-EC-02-00 Media disconnected

00-50-B6-61-1C-4F \Device\Tcpip_{14153BB8-93A1-4895-8DE1-6EDA8CB5ED89}

hostname, sethostname

- Kiírja gépem nevét, átírhatom

ipconfig / ifconfig (windows/unix)

Windows IP Configuration

Házi Feladat

Nem kell tudni vizsgára!

Ethernet adapter Ethernet:

Connection-specific DNS Suffix . : tmit.bme.hu
Link-local IPv6 Address : fe80::815d:42c9:ba9f:d6cf
IPv4 Address. : 152.66.244.88
Subnet Mask : 255.255.255.0
Default Gateway : 152.66.244.254

Wireless LAN adapter Wireless Network Connection:

Media State : Media disconnected
Connection-specific DNS Suffix . :

Mobile Broadband adapter Mobile Broadband Connection:

Media State : Media disconnected
Connection-specific DNS Suffix . :

ipconfig -all /release /renew (1./2)

Ethernet adapter Ethernet:

Connection-specific DNS Suffix . : tmit.bme.hu

Description : dynadock Ethernet

Physical Address. : 00-50-B6-61-1C-4F

DHCP Enabled. : Yes

Autoconfiguration Enabled : Yes

Link-local IPv6 Address : fe80::815d:42c9:ba9f:d6cf(Preferred)

IPv4 Address. : 152.66.244.88(Preferred)

Subnet Mask : 255.255.255.0

Lease Obtained. : 2020. április 28. 8:00:00

Lease Expires : 2020. április 29. 8:00:00

Default Gateway : 152.66.244.254

DHCP Server : 152.66.244.249

DHCPv6 IAID : 67129526

DHCPv6 Client DUID. : 00-01-00-01-18-86-8B-66-E8-E0-B7-16-CF-6B

DNS Servers : 152.66.246.10 152.66.246.170

Primary WINS Server : 152.66.244.189

NetBIOS over Tcpip. : Enabled

Házi Feladat

Nem kell tudni vizsgára!

ipconfig -all /release /renew (2./2)

Wireless LAN adapter Wireless Network Connection:

Media State : Media disconnected

Connection-specific DNS Suffix . :

Description : Intel(R) Centrino(R) Advanced-N 6235

Physical Address. : C8-F7-33-8A-D7-C5

DHCP Enabled. : Yes

Autoconfiguration Enabled : Yes

Házi Feladat

Nem kell tudni vizsgára!

Mobile Broadband adapter Mobile Broadband Connection:

Media State : Media disconnected

Connection-specific DNS Suffix . :

Description : Ericsson H5321gw for TOSHIBA Mobile Broadband Network Adapter

Physical Address. : 02-80-37-EC-02-00

DHCP Enabled. : Yes

Autoconfiguration Enabled : Yes

Ipconfig /flushdns

Unix arp parancs (v. windows cmd arp)

- Displays and modifies the IP-to-Physical address translation tables used by address resolution protocol (ARP).

- ARP -s inet_addr eth_addr [if_addr]

- ARP -d inet_addr [if_addr]

- ARP -a [inet_addr] [-N if_addr] [-v]

- -a Displays current ARP entries by interrogating the current protocol data. If inet_addr is specified, the IP and Physical addresses for only the specified computer are displayed. If more than one network interface uses ARP, entries for each ARP table are displayed.

- -g Same as -a.

- -v Displays current ARP entries in verbose mode. All invalid entries and entries on the loop-back interface will be shown.

- inet_addr Specifies an internet address.

- -N if_addr Displays the ARP entries for the network interface specified by if_addr.

- -d Deletes the host specified by inet_addr. inet_addr may be wildcarded with * to delete all hosts.

- -s Adds the host and associates the Internet address inet_addr with the Physical address eth_addr. The Physical address is given as 6 hexadecimal bytes separated by hyphens. The entry is permanent.

- eth_addr Specifies a physical address.

- if_addr If present, this specifies the Internet address of the interface whose address translation table should be modified. If not present, the first applicable interface will be used.

- Example:

- > arp -s 157.55.85.212 00-aa-00-62-c6-09 Adds a static entry.

- > arp -a Displays the arp table.

Házi Feladat

Nem kell tudni vizsgára!

arp -a az arp cache kiíratása

Interface: 152.66.244.88 --- 0x3

Internet Address	Physical Address	Type
152.66.244.1	00-0c-29-8a-10-a1	dynamic
152.66.244.3	8c-ea-1b-a8-bc-80	dynamic
152.66.244.4	00-0c-29-8f-90-8b	dynamic
152.66.244.9	00-0c-29-8a-10-a1	dynamic
152.66.244.11	00-0c-29-b6-64-27	dynamic
152.66.244.16	00-0c-29-55-93-54	dynamic
152.66.244.17	00-0c-29-64-c9-92	dynamic
152.66.244.20	00-50-56-95-3d-15	dynamic
152.66.244.22	00-26-18-ae-a1-70	dynamic
152.66.244.254	00-00-5e-00-01-06	dynamic
152.66.244.255	ff-ff-ff-ff-ff-ff	static

Házi Feladat

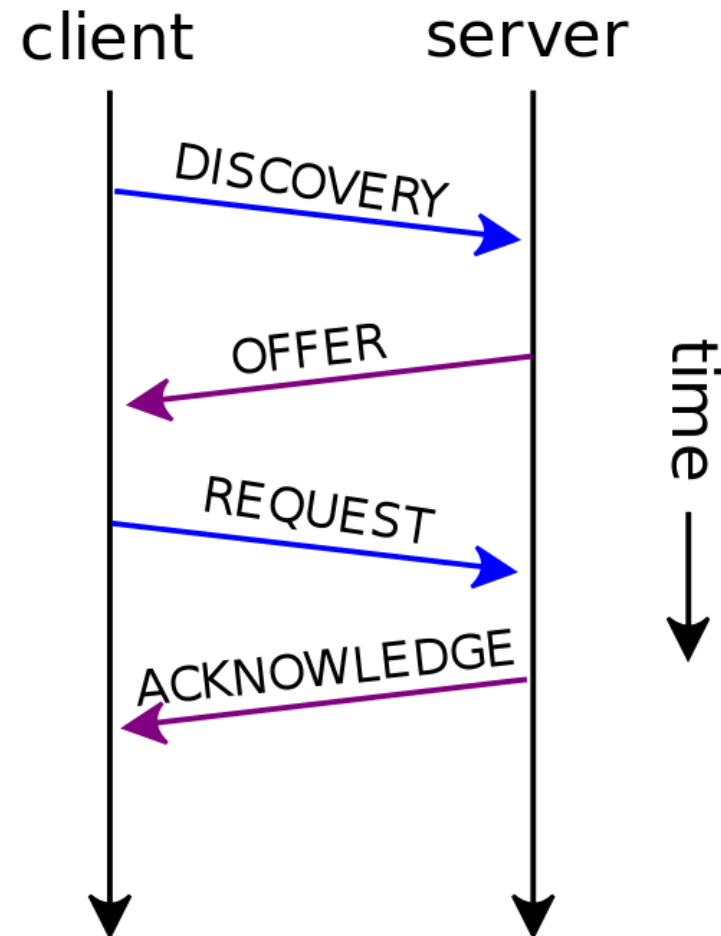
Nem kell tudni vizsgára!

... ..

224.0.0.22	01-00-5e-00-00-16	static
224.0.0.251	01-00-5e-00-00-fb	static
224.0.0.252	01-00-5e-00-00-fc	static
239.255.255.250	01-00-5e-7f-ff-fa	static
255.255.255.255	ff-ff-ff-ff-ff-ff	static

DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol

- IP címet rendel minden csatlakozott eszközhöz
- Más paramétereket is állít
- DORA:
 - server **D**iscovery
 - IP lease **O**ffer
 - IP lease **R**quest
 - IP lease **A**cknowledgement



nslookup

- ❑ cinkler@opti:~\$ nslookup 8.8.8.8
- ❑ Server: 152.66.246.10
- ❑ Address: 152.66.246.10#53

- ❑ Non-authoritative answer:
- ❑ 8.8.8.8.in-addr.arpa name = google-public-dns-a.google.com.

- ❑ Authoritative answers can be found from:
- ❑ 8.8.8.in-addr.arpa nameserver = ns2.google.com.
- ❑ 8.8.8.in-addr.arpa nameserver = ns4.google.com.
- ❑ 8.8.8.in-addr.arpa nameserver = ns1.google.com.
- ❑ 8.8.8.in-addr.arpa nameserver = ns3.google.com.
- ❑ ns1.google.com internet address = 216.239.32.10
- ❑ ns1.google.com has AAAA address 2001:4860:4802:32::a
- ❑ ns2.google.com internet address = 216.239.34.10
- ❑ ns2.google.com has AAAA address 2001:4860:4802:34::a
- ❑ ns3.google.com internet address = 216.239.36.10
- ❑ ns3.google.com has AAAA address 2001:4860:4802:36::a
- ❑ ns4.google.com internet address = 216.239.38.10
- ❑ ns4.google.com has AAAA address 2001:4860:4802:38::a

Házi Feladat

Nem kell tudni vizsgára!

Advanced IP Scanner

File Actions Settings View Help

Scan

152.66.244.1-254

Results Favorites

Status	Name	IP	Manufacturer	MAC address	Comments
	smartactive.tmit....	152.66.244.24	VMware, Inc.	00:0C:29:8F:90:8B	
>	opt	152.66.244.29	VMware, Inc.	00:50:56:95:DF:49	
	nagym-TMIT	152.66.244.32	ASUSTek COMPUT...	54:04:A6:B4:EB:0F	
>	NPiE0CE15	152.66.244.37	Hewlett Packard	00:01:E6:E0:CE:15	
>	ml.tmit.bme.hu	152.66.244.39	VMware, Inc.	00:0C:29:89:BD:19	
>	megyo-pc	152.66.244.40	ASUSTek COMPUT...	54:04:A6:B4:EB:21	
>	iweb.tmit.bme.hu	152.66.244.49	VMware, Inc.	00:0C:29:7D:0C:2E	
>	raspberrypi	152.66.244.60	Raspberry Pi Found...	B8:27:EB:F5:F8:ED	
>	opti	152.66.244.61	Micro-Star Internati...	00:11:09:AB:CB:8C	
>	sb.tmit.bme.hu	152.66.244.65	ASUSTek COMPUT...	00:1F:C6:89:79:83	
>	markoszv2.tmit....	152.66.244.67	GIGA-BYTE TECHN...	00:1A:4D:96:2A:BC	
>	bloomfield	152.66.244.68	GIGA-BYTE TECHN...	00:24:1D:CD:B9:1F	
>	ovdafuled.tmit.b...	152.66.244.69	VMware, Inc.	00:0C:29:B6:64:27	
	vh1.tmit.bme.hu	152.66.244.70	VMware, Inc.	00:0C:29:55:93:54	
	vh2.tmit.bme.hu	152.66.244.71	VMware, Inc.	00:0C:29:7D:0C:2E	
	vh3.tmit.bme.hu	152.66.244.72	VMware, Inc.	00:0C:29:B6:64:27	
>	bscw.tmit.bme.hu	152.66.244.73	VMware, Inc.	00:0C:29:3E:A6:01	
>	w3.tmit.bme.hu	152.66.244.76	VMware, Inc.	00:0C:29:A3:D2:25	
>	infocom.tmit.b...	152.66.244.77	VMware, Inc.	00:0C:29:55:93:54	
>	raspberrypi-2	152.66.244.79	Raspberry Pi Found...	B8:27:EB:24:2E:4F	
>	dhcp2.tmit.bme....	152.66.244.82	ASUSTek COMPUT...	54:04:A6:B4:EA:DC	
	gonosz	152.66.244.83	ASUSTek COMPUT...	F4:6D:04:94:0D:8A	
	PZ930	152.66.244.88	GOOD WAY IND. C...	00:50:B6:61:1C:4F	
>	mail	152.66.244.89	ASUSTek COMPUT...	54:04:A6:B4:EB:15	

98%, 83 alive, 13 dead, 158 unknown

Házi Feladat
Nem kell tudni vizsgára!

Kommunikációs Hálózatok 2



Adatkapcsolati réteg

MPLS, MPLS-TP, GMPLS

Link Layer

Top-Down!

Cinkler Tibor

BME TMIT

2020. április 28.

Kedd 12:15 - 13:45, online

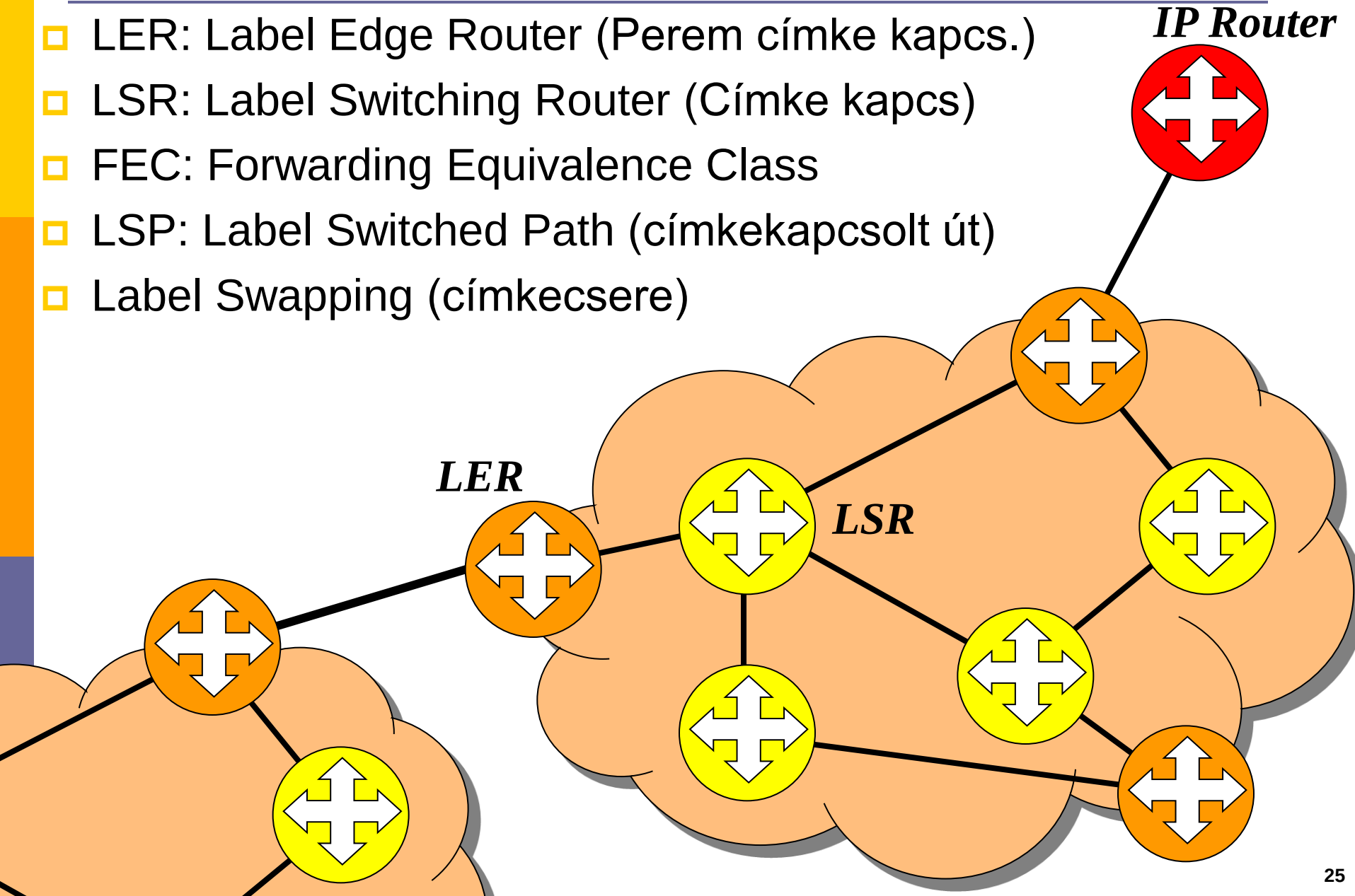
<http://w3.tmit.bme.hu/kh2/>

MultiProtocol Label Switching: (több protokollok címké kapcsolása)

- egységes IP/MPLS vezérlés
- Egyszerűbb mint ATM
- Címke csökkenti FEC (Forwarding Equivalence Class)
- Label Swapping, Stacking (Stripping)
- ATM-hez képest nemsok új ☺
- Topológia vagy forgalom centrikus közalítás
- QoS
- TE és VPN támogatás (Traffic Engineering and Virtual Private Networks)
- IPoMPLS: Peer Modell !
 - RSVP-TE
 - CR-LDP

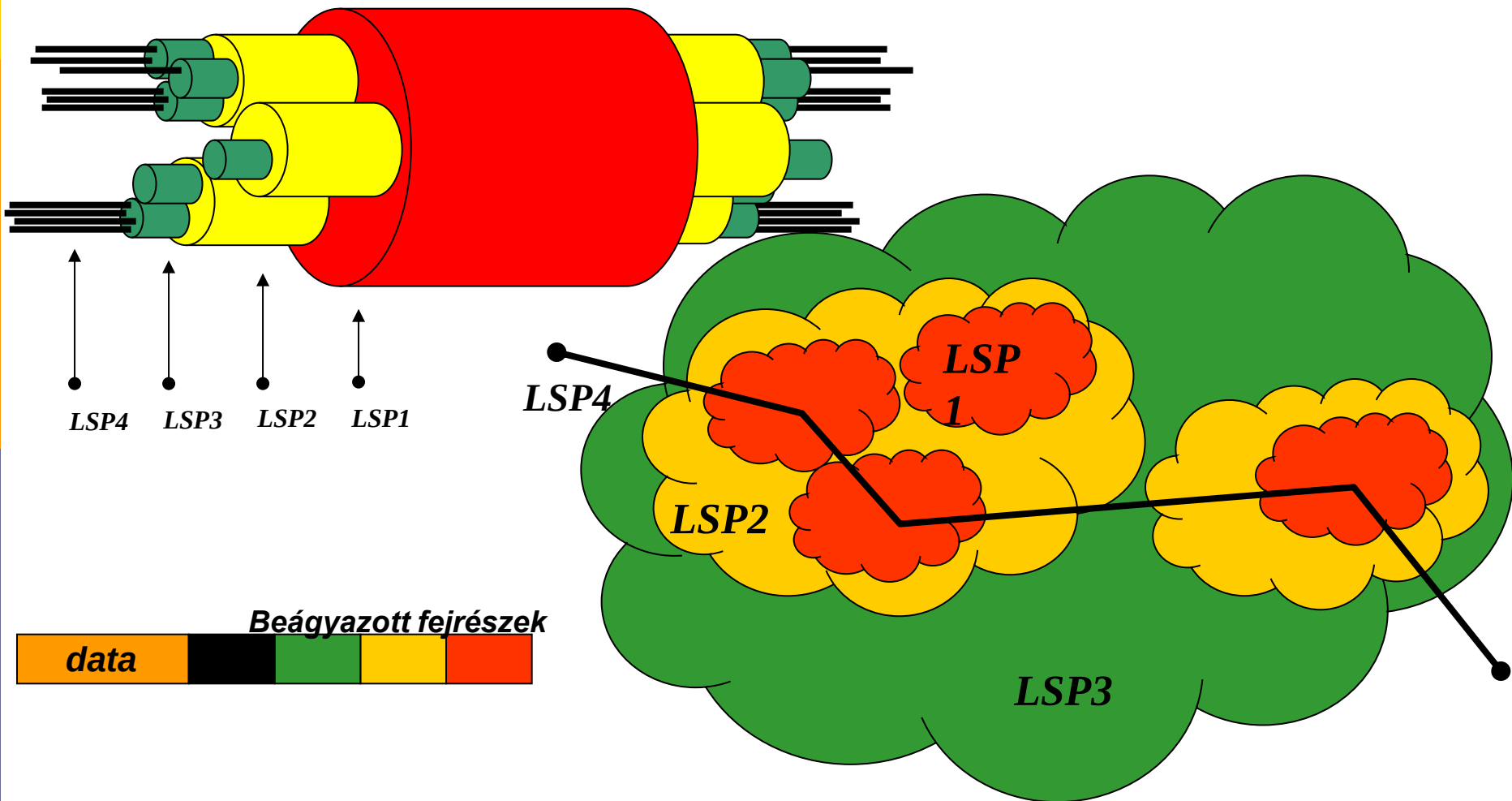
MPLS

- ❑ LER: Label Edge Router (Perem címke kapcs.)
- ❑ LSR: Label Switching Router (Címke kapcs)
- ❑ FEC: Forwarding Equivalence Class
- ❑ LSP: Label Switched Path (címkekapcsolt út)
- ❑ Label Swapping (címkecsere)



Label “Stacking” vagy “Swapping” (v „Stripping”)?

- Sok réteg lehet „verem” által
- Hierarchikus LSP beágyazás



LER és LSR különbség

□ LER

- IP cím alapján útvonalat választ
- Cimketerjesztő protokollal bejegyez minden routerba (be és kimenő port és címke megfeleltetés)
- Címke felhelyezése (fejrészszel együtt)
- Vételnél fejrész eltávolítása

□ LSR

- A LER router a LSR továbbítási táblázatokba beleír
- Beérkező csomagot továbbít adott kimenő interfészre a táblázatban tárolt értékek alapján
- Címkeértéket átírja a csomagban a táblázatban tárolt értékek alapján

MPLS header (fejrész)

- Header: 32 bit = 4 byte
- Label: 20 bits

```

  0  1  2  3  4  5  6  7
+-+--+--+--+--+--+--+
|      Label      | Entry Label:
+-+--+--+--+--+--+--+ Label Value, 20 bits
|      Label      | Exp: Experimental Use
+-+--+--+--+--+--+--+ 3 bits (CoS)
| Label | Exp | S | S: Bottom of Stack
+-+--+--+--+--+--+--+ 1 bit
|      TTL      | TTL: Time to Live
+-+--+--+--+--+--+--+ 8 bits
```

IP és MPLS fejrész

- „Routing” és „Forwarding”
- Útvonalválasztás és továbbítás

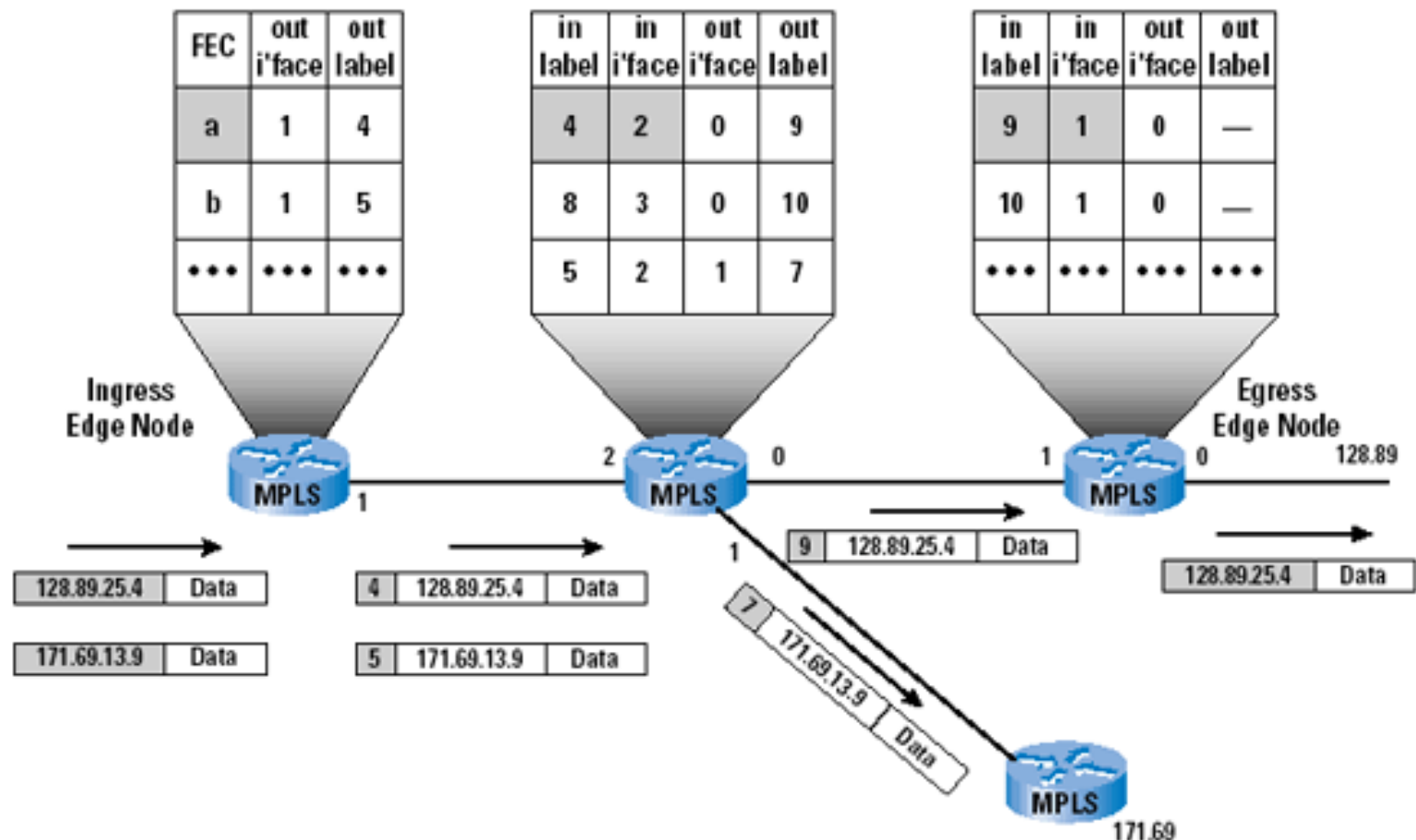
0	8	16	31
VERS	HLEN	Service Type	Total Length
Identification		Flags	Fragment Offset
TTL	Protocol	Header Checksum	
Source IP Address			
Destination IP Address			
Options			Padding
D a t a			
D a t a			
...			
D a t a			

0	7
Label	
Label	
Label	CoS
TTL	

MPLS forwarding (továbbítás)

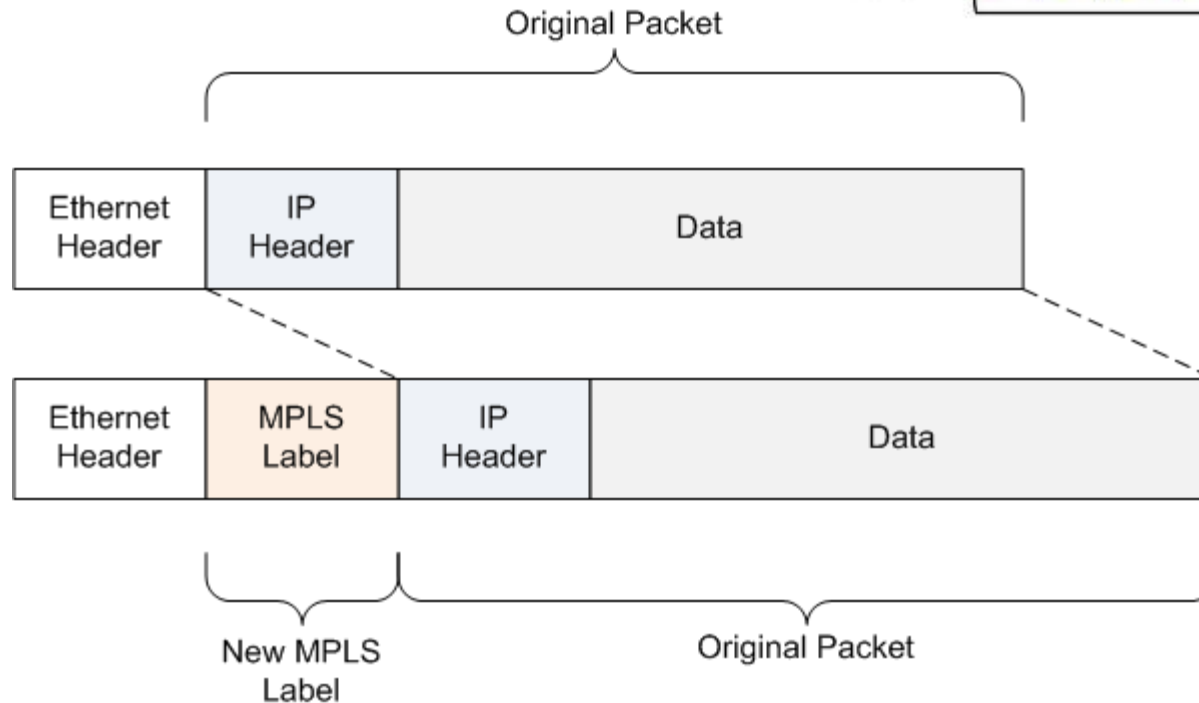
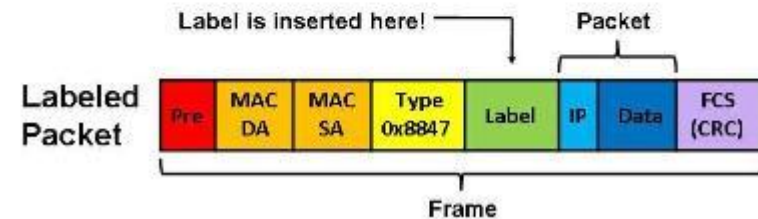
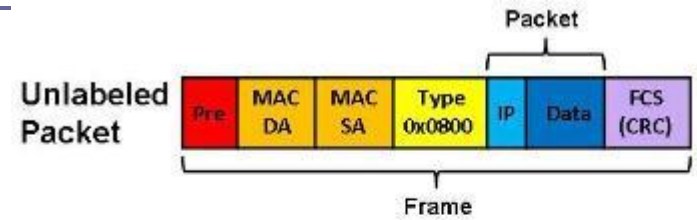
- <http://www.cisco.com/c/en/us/about/press/internet-protocol-journal/back-issues/table-contents-10/mpls.html>

Figure 2: MPLS Packet Forwarding



Adategység, címke, L2 keretezés

- Felcímkézett IP csomag
- L2 (pl. Ethernet) keretben

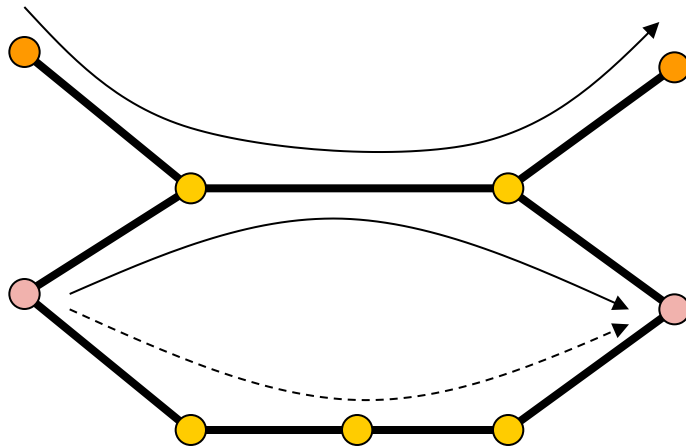


Label distribution mechanisms

- Címke elosztó mechanizmusok
- LSP létrehozás
- LSR továbbítási táblzat
- Különböző címkeelosztó protokollok:
 - **a Border Gateway Protocol (BGP)**
 - Külön AS-ek között
 - MPLS extension
 - **Resource reSerVation Protocol (RSVP)**
 - Címkeelosztás RSVP által
 - RSVP-TE extension (Traffic Engineering)
 - **Label Distribution Protocol (LDP)**
 - IETF definiálta a célra
 - CR-LDP (Constrained Routing)

MPLS TE (Traffic Engineering)

- „Forgalomterelés”
- IP: shortest path = least-hop path – Csak legrövidebb út!!!
- MPLS: Tetszőleges út választható!!!
 - Alternatív utak – terhelés megosztás (load sharing)
 - Explicit Route vagy Hop-by-Hop Routing
 - Loose (laza)
 - Strict (szigorú)



MPLS FRR

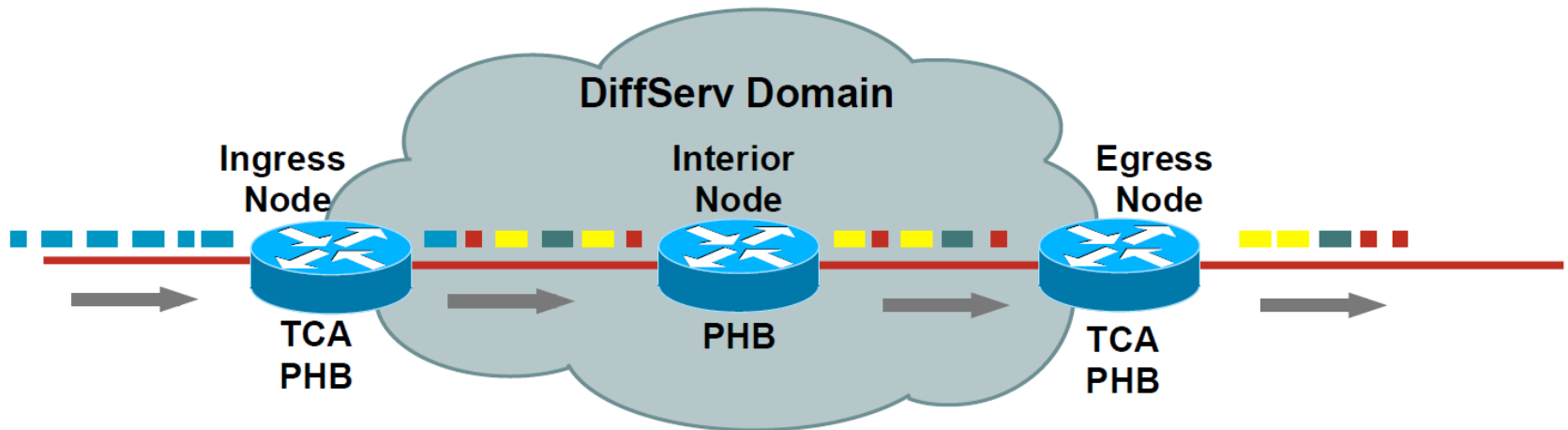
**(Fast Re-Route)
Protection**

**Gyors út újra választás
védelem**

- MPLS QoS architektúra nem új
- IP QoS-r edefiniált DiffServ-et használ
- RFC 2475 definiálja DiffServ architektúrát
- RFC 3270 MPLS támogatás DiffServ-hez

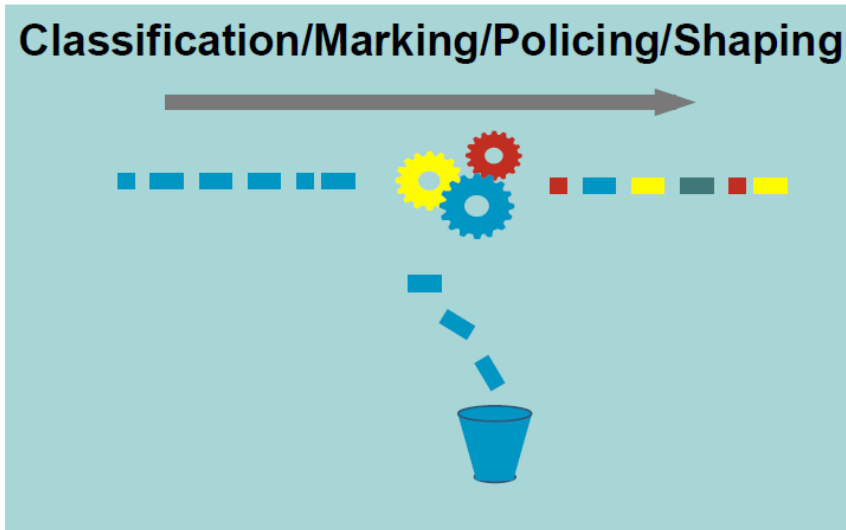
- DiffServ:
 - Differentiated Services
 - Megkülönböztetett Szolgáltatások

DiffServ működése



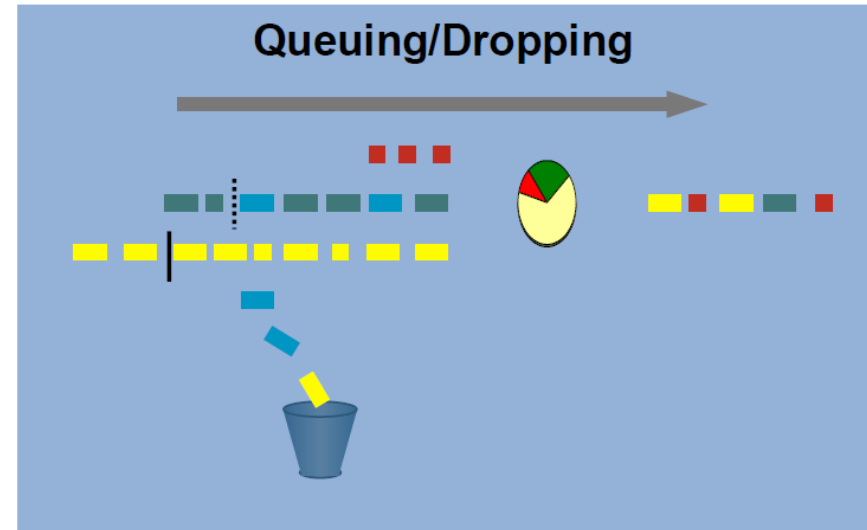
Traffic Conditioning Agreement (TCA)

Classification/Marking/Policing/Shaping

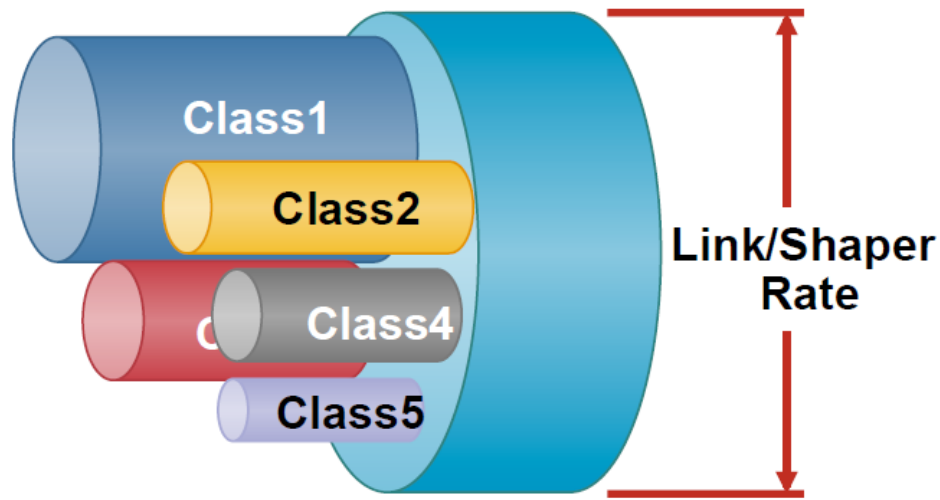


Per-Hop Behavior (PHB)

Queuing/Dropping



SLA: Service Level Agreement



- „Megállapodás a szolgáltatás szintjéről”
- Mik a forgalmi és minőségi jellemzők?
- PI: 4 osztály

Class	Committed BW	Delay	Jitter	Loss
Real time	X	Low	Low	Low
Interactive	Y	Low	NA	Low
Business	Z	NA	NA	Low
Best Effort	NA	NA	NA	NA

MPLS jövő

Továbbfejlesztések:

- MPLambdaS, T-MPLS

- MPLS-TP (Transport Profile)

http://www.cisco.com/en/US/technologies/tk436/tk428/white_paper_c11-562013.html

- 2 réteg:

- MPLS - csomag

- WDM - áramkör

- GMPLS (Generalised)

- Több réteg

- Általánosított MPLS: GMPLS



I E T F[®]



MPLS összefoglalás

- L2.5 megoldás (több mint L2)
- LER, LSR
- LSP
- Label swap, stack, strip
- QoS
- MPLS-TP, GMPLS

Kommunikációs Hálózatok 2



Adatkapcsolati réteg

Optikai Hálózatok (GMPLS)

Link Layer

Top-Down!

Cinkler Tibor

BME TMIT

2020. április 28.

Kedd 12:15 - 13:45, online

<http://w3.tmit.bme.hu/kh2/>

Optikai hálózatok

- Nyalábolási technikák
- Technológiai és fizikai alapok
 - Fényszál
 - EDFA
 - DWDM és CWDM
 - AWG
- Többrétegű hálózatok
 - GMPLS / ASTN
 - Forgalomkötegelés

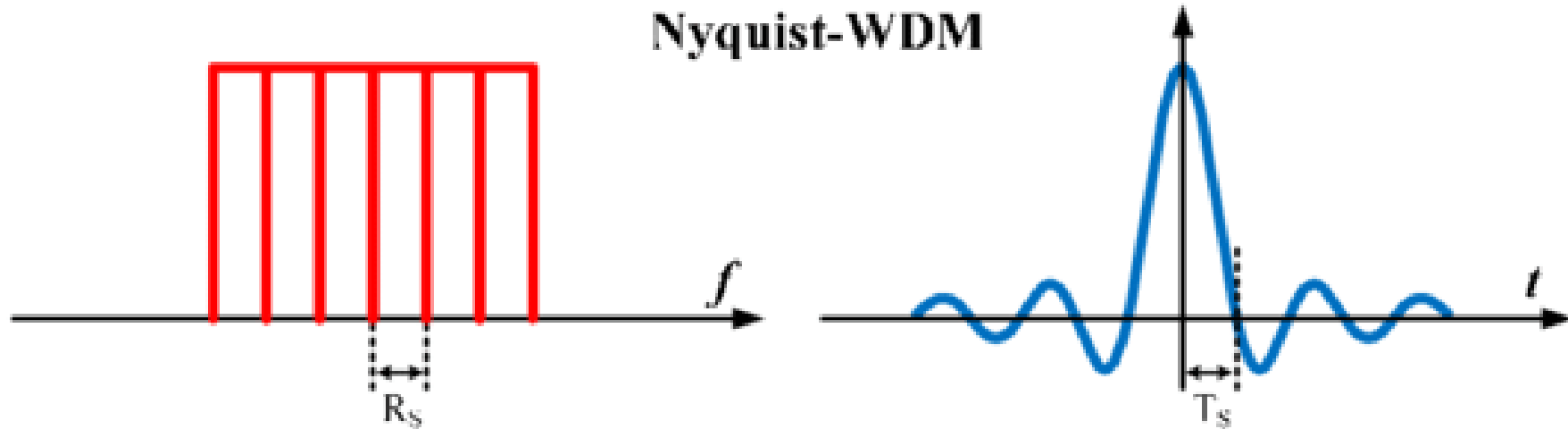
Optikai nyalábolási technikák

- Térosztásos (OSDM)
 - Független fényszál
- Hullámhosszosztásos (WDM (CWDM és DWDM))
 - Különböző hullámhosszon működő adó és vevő párok
- Időosztásos (OTDM)
 - Nagyobb szinkron időrések, esetleg aszinkron csomagok
- Kódosztásos (OCDM)
 - Osztott közeg többszörös hozzáférése
 - Pl. Passzív optikai csillag
- Frekvenciaosztás (OOFDM)
 - Optical Orthogonal Frequency-Division Multiplexing
 - is a multi-carrier modulation technology (több-vivős moduláció)
 - multiple spectrally overlapped lower-speed subcarriers (al-vivő)
 - novel elastic optical network architecture (rugalmas)
 - flexibility and scalability in spectrum allocation and data rate accommodation (spektrum és adatsebesség)
- Nyquist WDM

Vizsgára kell

Nyquist-WDM vs OFDM

Nyquist-WDM



CO-OFDM

