

# MPLS - Multi-Protocol Label Switching (*Többprotokollos címkekapcsolás*)

---

Számítógép-hálózatok 2009

# Összeköttetés-alapú hálózatok

---

- A csomópontok csomagtovábbítási tevékenysége (packet forwarding) egyszerű, ezáltal
- gyors működést tesznek lehetővé, és
- a csomagtovábbítási tevékenység teljesen független az útvonalirányítási (vezérlési) tevékenységtől.
- Az összeköttetés felépítése során sokféle szempont figyelembe vételével lehet az útvonalat kialakítani (csak egyszer kell megtenni, így viszonylag körültekintőbben járhatunk el, mintha minden csomagra meg kellene ismételni), így
- könnyen lehet forgalom- és hálózatmenedzsment-szempontokat is tekintetbe venni.

# Összeköttetésmentes hálózatok

---

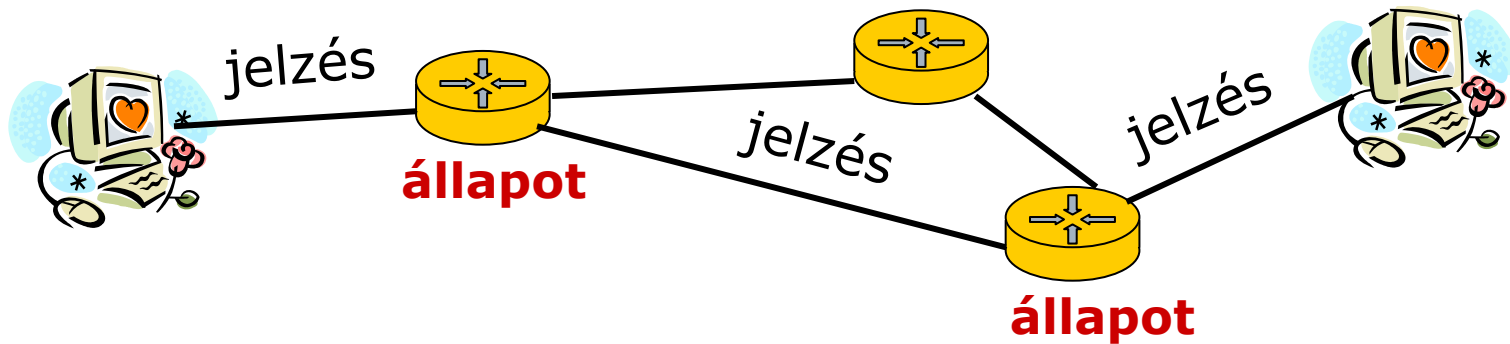
- ❑ Nem kell várni az információtovábbításnál az összeköttetés kiépítésére
- ❑ Robusztusabb a hálózati meghibásodások kezelésben (útvonalváltás)

*Hogyan lehetne egyesíteni a két módszer jó tulajdonságait? Lehet-e csinálni egy olyan hálózatot, amely összeköttetés-alapú is meg nem is?*

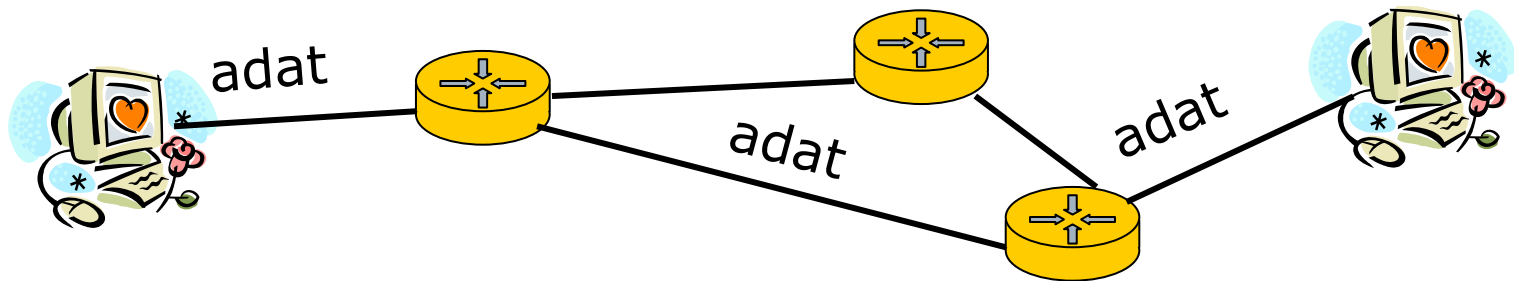
**Erre tesz kísérletet az MPLS!**

# Hogyan működik a csomagkapcsolás?

## □ Összeköttetés-alapú módszer



## □ Összeköttetésmentes módszer



# Hogyan működik a két módszer?

---

- Az összeköttetés-alapú hálózati működés esetén:
  - a felhasználó jelzési információt küld, amelyben benne van a partner globális azonosítója (címe),
  - a csomópont az útvonaltábla segítségével továbbítja a jelzéscsomagot a következő lépést képviselő csomópontnak,
  - feljegyzi saját magának a kiépülő csatornával kapcsolatos lokális azonosítókat (címke),
  - tájékoztatja a következő csomópontot is arról, hogy milyen címkével fogja a vonatkozó adatcsomagokat küldeni
  - a kommunikáció végén el kell bontani a csatornát
- Mi a helyzet az összeköttetésmentes hálózatban?
  - Jön az adatcsomag (nem kell jelzés), továbbítjuk, de nem jegyzünk fel semmit, mert
  - **nem akarunk állapotnyilvántartást** a csomópontokon (biztosítva ezzel a robusztusságot).

# A két módszer kombinálása?

---

- Amennyiben szükségünk van különböző QoS-igények teljesítésére, akkor elkerülhetetlen, hogy valamilyen állapotnyilvántartást alkalmazzunk
- Nem készíthetnének az **összeköttetésmentes** hálózatok is feljegyzéseket?
- Miért ne! Sőt, elkészíthetik akár az összes lehetséges csatorna (virtuális áramkör) „feljegyzését”, mielőtt bárki igényelte volna azokat!
- *Nagyon fontos észrevenni, hogy ez nem jelent az összeköttetés-alapú esettel megegyező állapotnyilvántartást!*
- Az útvonaltáblák bejegyzéseiben szereplő globális azonosítók helyett (mellett) most elhelyezünk lokális azonosítókat is.
- Ennek az előnye az, hogy a csomagok routolása helyett lehetséges azok kapcsolása.

# Egy kis „történelem”

---

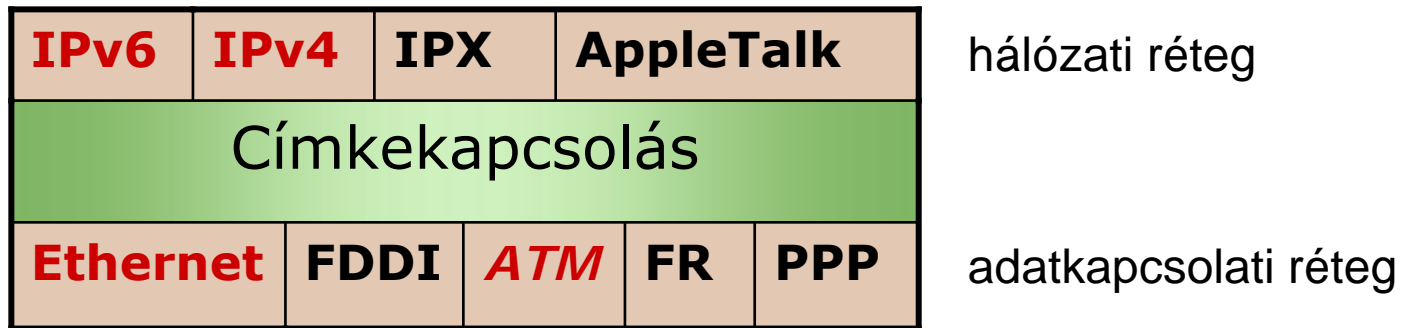
- ❑ Cell Switching Router (Toshiba, 1994)
- ❑ IP Switching (Ipsilon, 1996)
- ❑ Tag-switching (Cisco Systems, 1996)
- ❑ Aggregate Route-based IP Switching (IBM, 1996)
- ❑ MPLS Working Group (IETF, 1997)
- ❑ GMPLS  
(Common Control and Measurement Plane, IETF)

# MPLS - az elnevezés magyarázata

---

## □ Multi-protocol:

- az elv bármilyen hálózati és adatkapcsolati rétegbeli protokoll esetén működhet



## □ Label switching:

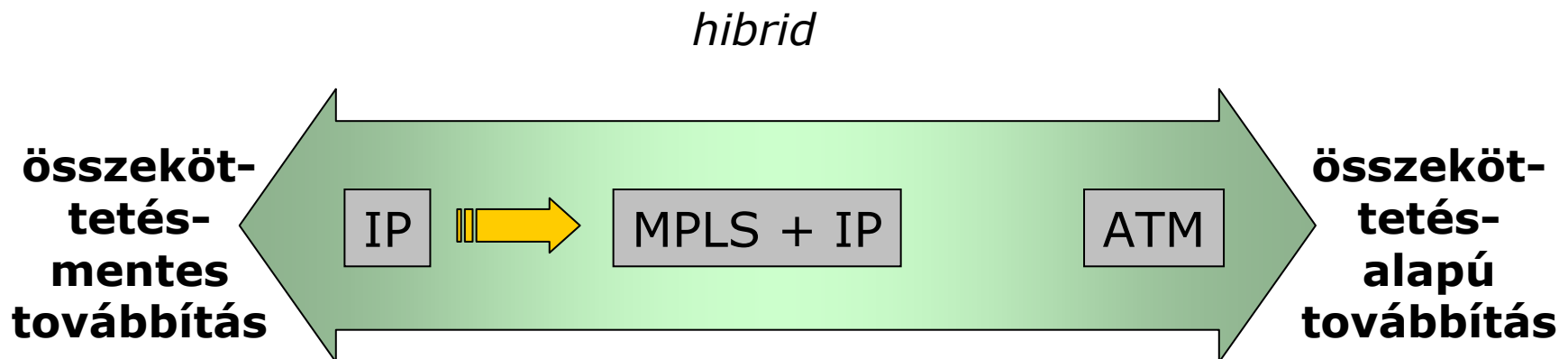
- Az összeköttetés-alapú csomagkapcsolásnál használt csomagtovábbítási módszer
  - *adatkapcsolati rétegbeli adataegység tartalmazza a címkét (hogyan milyen módon, meglátjuk később)*



# Az IP, az ATM és az MPLS viszonya

---

- Az MPLS + IP egyesíti az IP és az összekötés-alapú csomagkapcsolás legjobb tulajdonságait
- Az IP-továbbítás hatékonyságának javítása



# Milyen az IP-csomagtovábbítás és milyen az MPLS-é?

---

- ❑ **Az IP-CSOMAGTOV. NEM ELÉG HATÉKONY!**
- ❑ Az IP-ben az összeköttetésmentes működés miatt mindegyik router függetlenül végez lépésenkénti (hop-by-hop) csomagtovábbítási döntést
  - Felhasználva az IP-fej címét (32 bit a v4-nél, 128 bit a v6-nál)
    - ❑ A fej viszont sokkal több információt hordoz, amit nem használunk
- ❑ Az MPLS felosztja a címteret *forward equivalence class* (FEC)-ekre (a továbbítás szempontjából azonosan kezelendő csomagok osztályaira)
  - ❑ Ezeknek megfelelő, rövid, helyi érvényű címeket, *címkéket (label)* használ a továbbításra

# Az MPLS alapvető jellemzői

---

- ❑ Mechanizmusokat határoz meg a különféle összefogottságú csomagfolyamok kezelésére
- ❑ Függetlenül működik a 2. és 3. rétegbeli protokolloktól
- ❑ Módszert biztosít az IP címeknek a leképezésére az egyszerű, fix hosszúságú címkékre
- ❑ Csatlakozik a használt protokollokhoz (pl. RSVP, OSPF)
- ❑ Együttműködik az IP-vel és az ATM-mel

# Hogyan működik az MPLS?

---

- A címkekapcsoló router (Label Switching Router = LSR) a csomagokat a rájuk „ragasztott” fix hosszúságú címkék alapján továbbítja
  - Ez „mutat” a kimenő interfészre
- Az LSR átírja a címkét, mielőtt elküldi a csomagot
- Ugyanígy továbbítják az ATM kapcsolók a cellákat
- Lényegesen egyszerűbb, mint a leghosszabb egyezés az IP-csomagtovábbításnál
- Az LSR adott teljesítmény esetén olcsóbb a hagyományos routernél
- A csomagtovábbítási döntések összetettebbek lehetnek
- Csomagfolyamok összevont kezelése is lehetséges

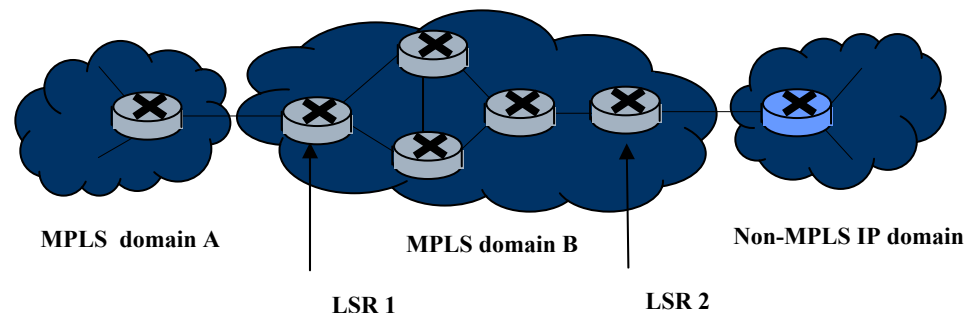
# Az MPLS összetevői, elemei

---

- A csomagtovábbítás címkekapcsolt utakon (Label Switched Path = LSP) történik
- Az LSP-t LSR-ek és LER-ek alkotják
  - Az **LSR (Label Switching Router)** egy gyors útvonalirányító az MPLS gerincében
  - Az **LER (Label Edge Router)** egy útvonalirányító az MPLS és a hozzáférési hálózat határán: elsődleges eszköze a csomagok címkézésének
    - Ingress (belépő) és egress (kilépő) router
- A címkék kiosztását külön protokoll végzi
- Az adatcsomagok végigviszik a címkéiket az útvonalon
- Hardverből is megoldható a csomagok kapcsolása

# MPLS domain

---

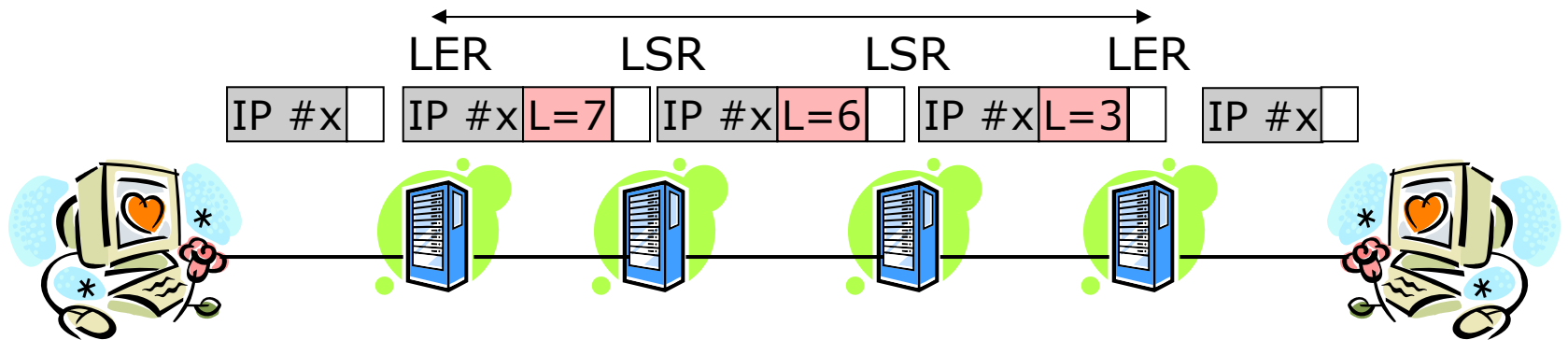


- Egy MPLS domain olyan MPLS node-ok egybefüggő hálózata, amelyek ugyanabban az adminisztratív domain-ben vannak
- Az MPLS domain-en belül az IP csomagok címkejük alapján kerülnek továbbításra
- Egy MPLS domain másik MPLS vagy nem MPLS domain-hez kapcsolódhat

# Példa a címkekapcsolásra

Útvonalirányítás a határon, kapcsolás a gerincben

LSP



IP cím	KI
152.66/16	7
kijelölés	

BE	KI
7	6
csere	

BE	KI
6	3
csere	

BE	IP cím
3	152.66/16
eltávolítás	

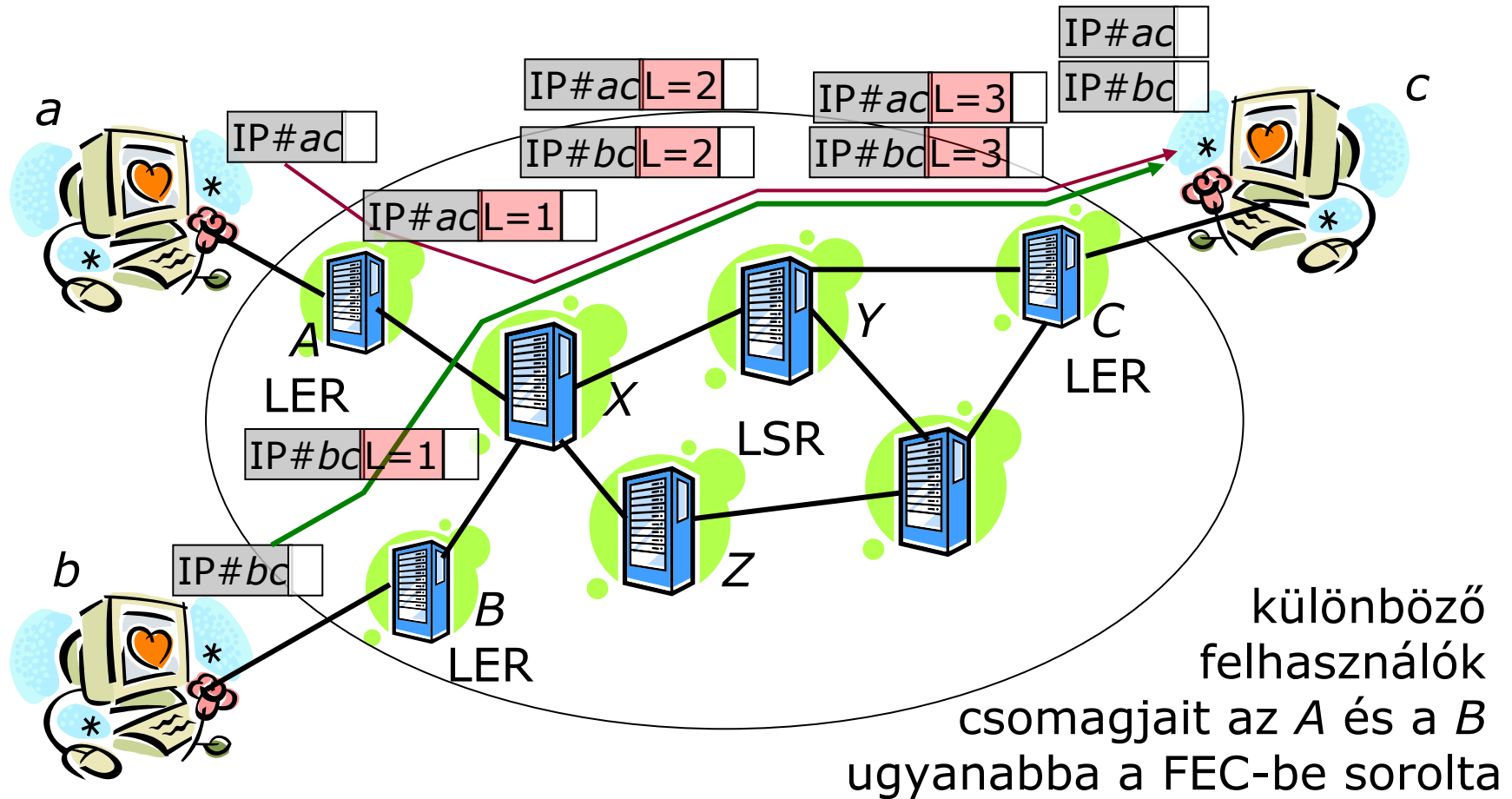
# Az MPLS csomagtovábbítás előnyei

---

- Csomag FEC-be sorolása csak a belépésnél
  - „Buta”, de gyors gépek a csomópontokon
  - A besorolásnál IP fejen kívüli szempontok is
    - Pl. melyik interfészen érkezett a csomag
  - Ugyanaz a csomag eltérő módon sorolható be a belépő (ingress) routertől függően
  - A besorolási procedúra bonyolultsága nincs hatással a csomópontokra
  - Ha forrás általi útvonalat akarunk, akkor a csomagnak nem kell magával vinni azt



# Még egy példa a címke-kapcsolásra



# A FEC és a címkék

---

## □ FEC

- A *forward equivalence class* (FEC) a csomagoknak egy csoportját képviseli, amelyek továbbítása azonos
- A besorolás csak egyszer, a belépésnél

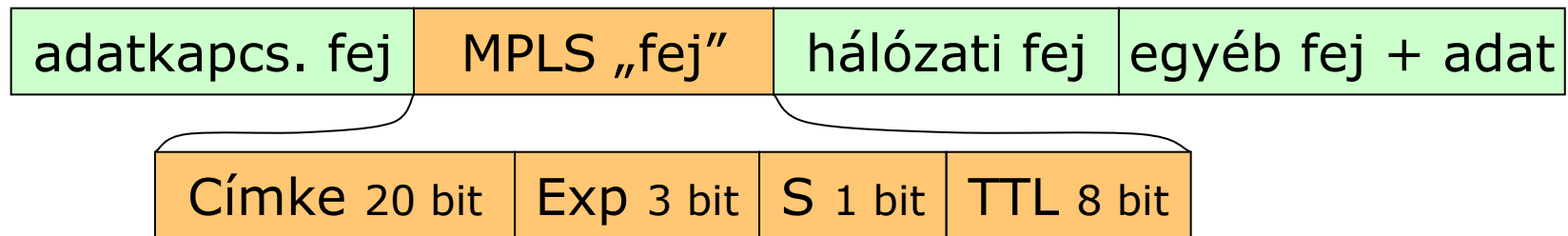
## □ Címkék

- A címkét a csomag magával viszi egy 2. réteg jelölként
- A közbelső router a címke tartalma alapján határozza meg a csomag következő lépését
- Ha egyszer egy csomagot „felcímkéztünk”, akkor útjának hátralévő részén a csomópontok már ennek alapján kezelik
- A címkék értéke lokális jelentésű

# A címkék elhelyezése

---

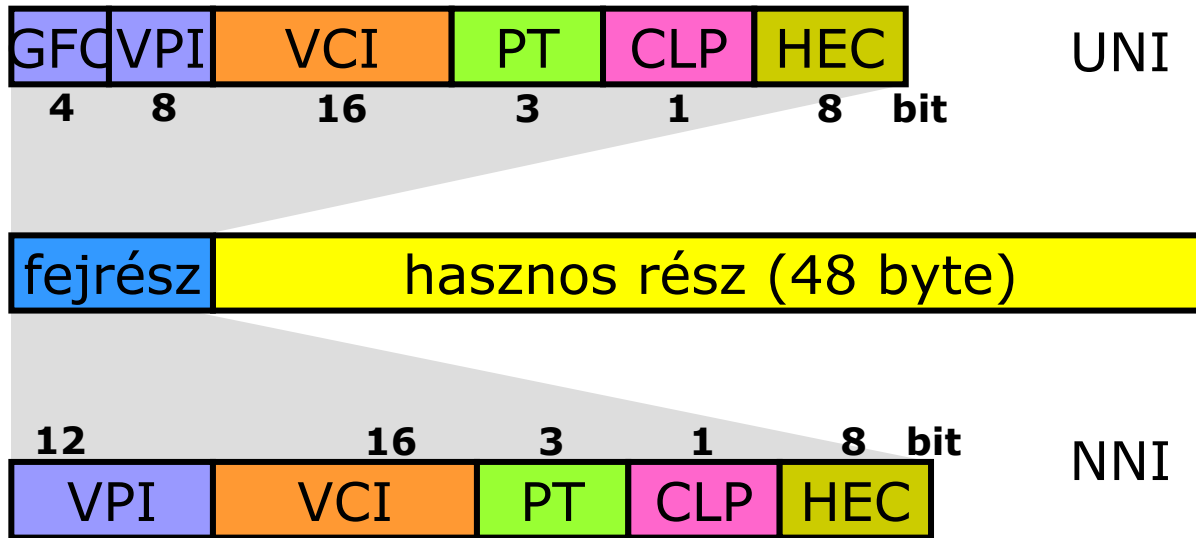
- Közbeiktatott (ún. shim vagy generic) fejrész:



- Az MPLS fejben szerepel a címkén kívül
  - Exp: experimental, jelenleg QoS prioritás jelzésére
  - S: a címke-stack-re utal, több címkét is ragaszthatunk egy csomagra
  - TTL: mint az IP-csomag fejében, de azt most nem nézzük a közbenső csomópontokban
- Ha az adatkapcsolati rétegbeli protokoll összeköttetés-alapú, akkor annak címkéjét lehet használni
  - ATM cellák esetén a VPI/VCI

# Emlékeztető: az ATM cella fejrészének felépítése

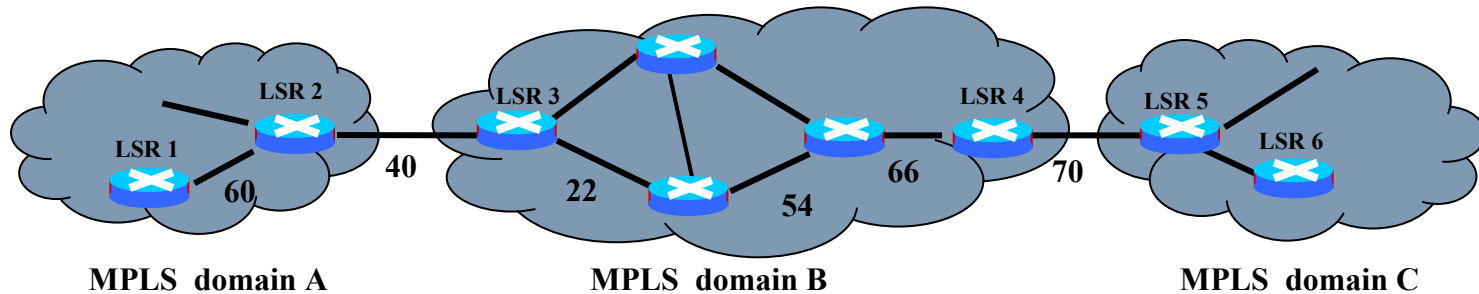
Kétféle van: kicsit különbözik a felhasználó-hálózat közötti (UNI) ill. a hálózaton belüli (NNI) interfészen



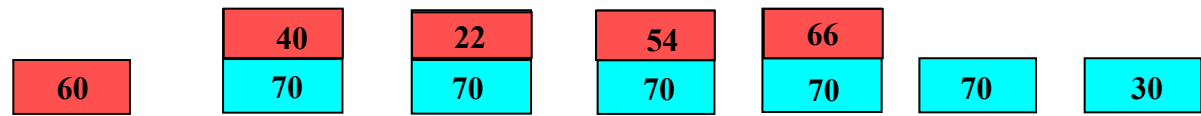
**GFC:** általános áramlásvezérlés  
**VPI:** virtuálisút-vonal-azonosító  
**VCI:** virtuális csatorna azonosító  
**PT :** hasznos rész típusa  
**CLP:** cellavesztési prioritás  
**HEC:** fejrész-hibaellenőrzés

*UNI: felhasználó-hálózat interfész*  
*NNI: hálózat-hálózat interfész*

# Címkeverem



Címkeverem a közbeiktatott (shim) fejrészben



1. szint

2. szint

1. szint

Művelet

LSR2:  
Címkecsere,  
Új címke beszúrása

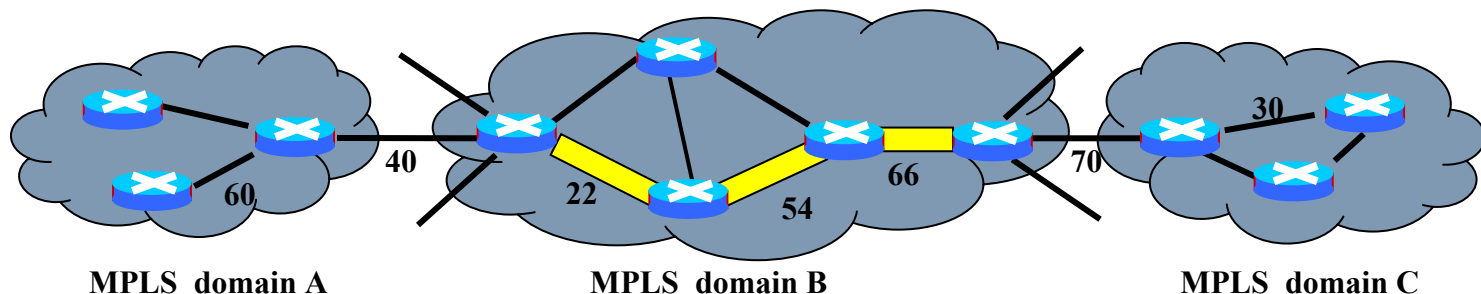
LSR 3 - LSR 4  
Címkecsere

LSR 4:  
Címke  
eltávolítása

LSR 5:  
Címkecsere

# Címkeverem használata: LSP alagút

A címkék a B MPLS domain-ban alagutat (tunnel) alkotnak. Az alagút végén az LSR gondban lehet, merre is továbbítsa a csomagot. Ilyen esetben a címkeverem használata segíthet.



# A címkék kiosztása

---

Honnan tudja egy küldő, hogy milyen címkét használjon?

- Az MPLS-ben több protokoll is használható erre a célra
  - A BGP-t kibővítették, így címkeinformációt is szállíthat a „saját” adatok mellett
  - Ugyanez történt az RSVP-vel is
  - Az IETF azért kidolgozott egy új protokollt is a címkék szétosztására és „karbantartására”
    - LDP (Label Distribution Protocol)
  - Az LDP-nek kidolgozták egy kiterjesztését is, hogy képes legyen a forgalommenedzsment és a szolgáltatási minőség igényeinek is megfelelni

# A címkekiosztás szabályai

---

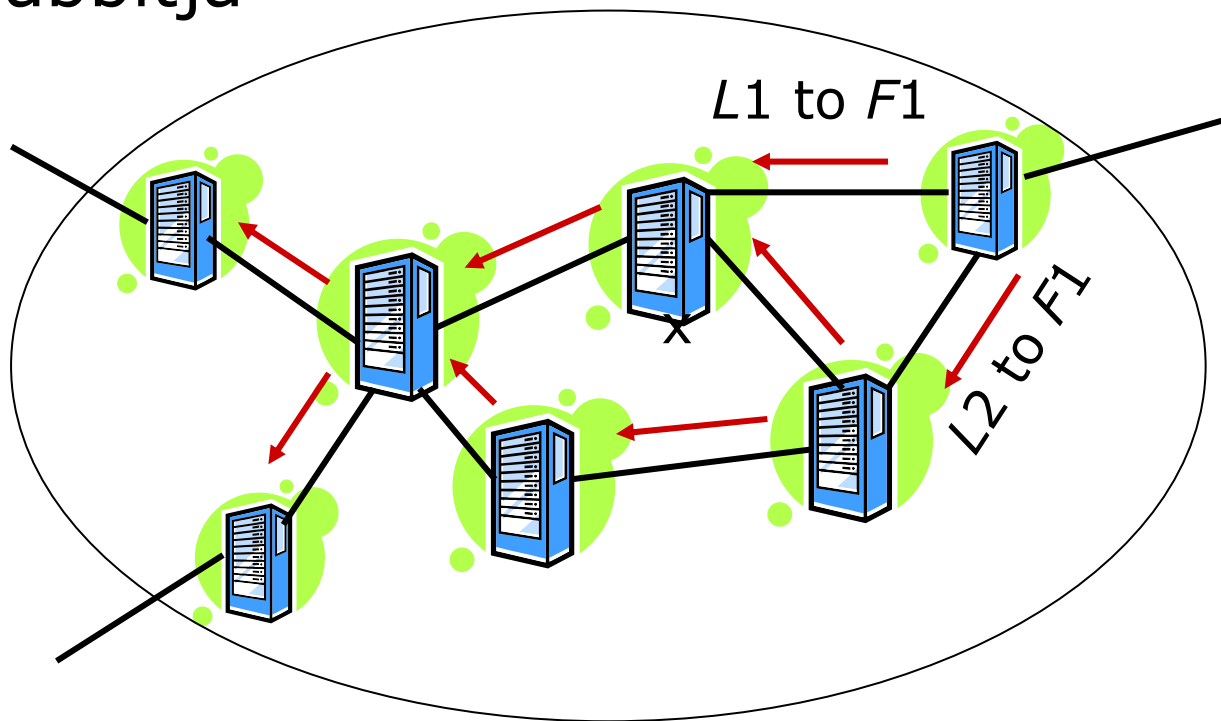
- Az MPLS két módot határoz meg LSP képzésére
  - **Lépcsénkénti:** mindegyik LSR függetlenül választ következő lépést egy adott FEC számára. Az LSR bármilyen routing protokollt használhat
  - **Explicit:** forgalommenedzsment vagy szolgáltatási minőség szempontjai szerint létrehozott LSP-k
- A címkék kiosztása történhet „kéretlenül” vagy kérésre



# A címkekiosztás szabályai

---

- (Csomag)fogadó kijelöli, (csomag)küldőnek továbbítja



# MPLS összefoglaló

---

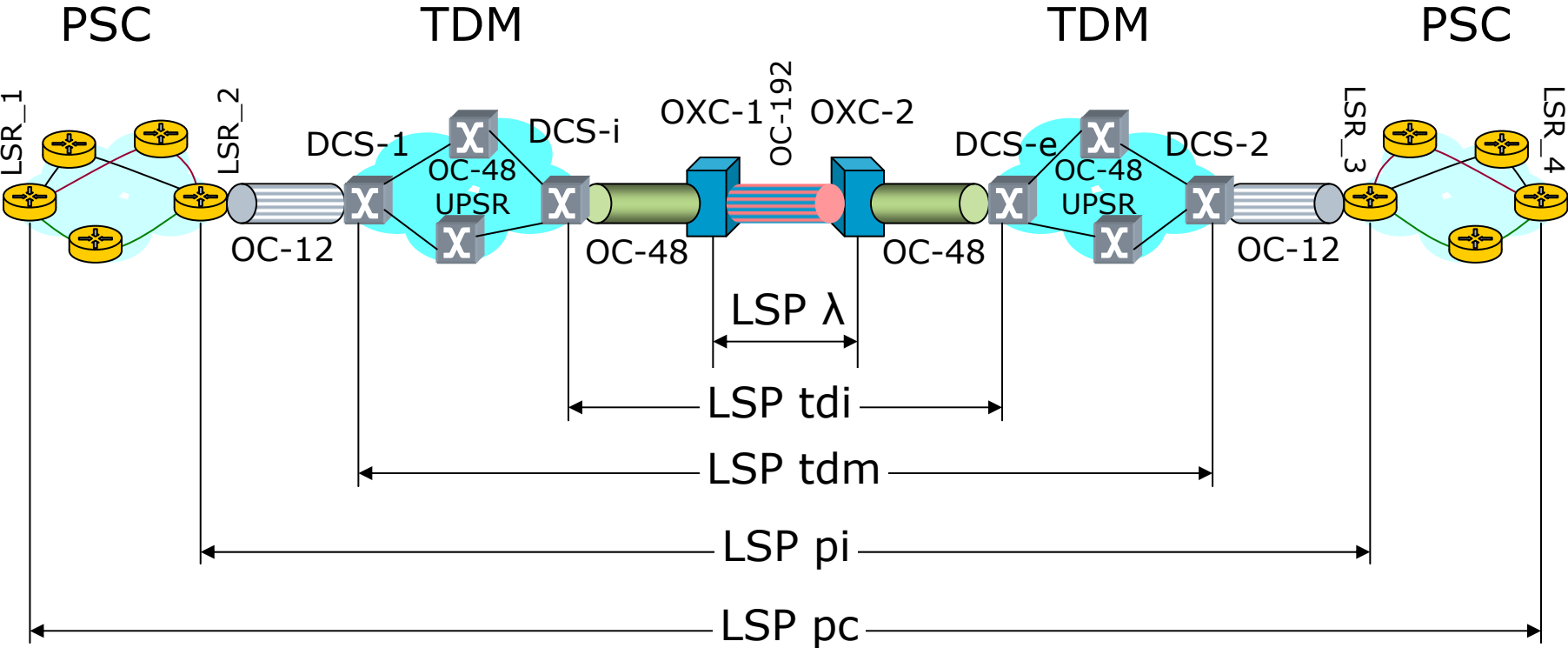
- Az IP hálózat csomópontjai a routing révén rendelkeznek **valamennyi** lehetséges útra vonatkozó információval
- A lehetséges utakat „rögzíthetjük”, mielőtt bármelyik felhasználó igényelné azokat
- Különböző „minőségű” utak igény szerint is kialakíthatók
- A hálózati rétegben kialakított utakon (LSP) a csomagtovábbítás az adatkapcsolati rétegben történik (címkekapcsolás)

# A **GMPLS** (általánosított MPLS)

---

- Lehet, hogy az MPLS-nek nem is a csomag-továbbítási módszer a lényege?
  - Az LSP-k létrehozása a jelentős dolog!
- GMPLS: címkekapcsolt utak létrehozása **nem csak** csomagkapcsolt hálózatokban
  - PSC (Packet Switch Capable interfaces)
  - L2SC (Layer-2 Switch Capable interfaces)
  - TDM (Time-Division Multiplex Capable intrfs)
  - LSC (Lambda Switch Capable interfaces)
  - FSC (Fiber-Switch Capable interfaces)

# Példa GMPLS útra



# GMPLS összefoglaló

---

- ❑ A csomaghálózat címkekapcsolt útjai (LSP) a csomaghálózat csomópontjait összekötő linkeken jönnek létre
- ❑ Ezeknek a linkeknek a kialakítása idő-, hullámhossz-, és térosztású fizikai hálózatokon történik
- ❑ A fizikai átviteli utak vezérlése (jelzése) történhet meg a GMPLS révén a csomaghálózat hálózati szintjéről