

# Számítógépes hálózatok

## #02 – Ethernet, PPP, PPPoE

---

2024. szeptember 20.

**Naszlady Márton Bese**

*[naszlady@itk.ppke.hu](mailto:naszlady@itk.ppke.hu)*

# **#02/1 – Frame-ek**



## A valódi adatok bitekből állnak.

- bit** binary digit, jele b (kis b)  
Az információ legkisebb, oszthatatlan egysége.  
Értéke 0 vagy 1 lehet.
- byte** jele B (nagy B)  
Nagyobb információegység, ami általában 8 bitből áll (oktett).  
Értéke binárisan (10100110) decimálisan (166), hexadecimálisan (A6) is kifejezhető.

Az egyértelműség kedvéért 0b10100110 és 0xA6 jelöléseket is használunk.

# Valódi adatok

Ezeknek a bitsorozatoknak rengetek különféle értelmezése lehet.

0100111001100101011101100110010101110010...

ASCII

N

e

v

e

r

# Valódi adatok

Ezeknek a bitsorozatoknak rengetek különféle értelmezése lehet.

010011|100110|010101|110110|011001|010111|0010...

ASCII

N

e

v

e

r

2 bites szín



# Valódi adatok

Ezeknek a bitsorozatoknak rengetek különféle értelmezése lehet.

0100111001100101011101100110010101110010...

ASCII

N

e

v

e

r

2 bites szín



float32

962435400

# Valódi adatok

A bitek sorozatában bekövetkező legkisebb változás is hatalmas hibát okozhat.

```
0100111001100101011101100110010101110010...  
100111001100101011101100110010101110010...
```

ASCII

N

e

v

e

r

?

Ê

ì

Ê

ä

2 bites szín



float32

962435400

-1.342844723690836696175613 × 10<sup>-21</sup>



A valóságban az adatok bitek sorozataként jelennek meg.

0100111001100101011101100110010101110010...

Cél:

## Az adat ne sérüljön!

*Ugyanazt kapjuk meg a címzett oldalán, amit a küldő elküldött.*



# Adatsérülés elkerülése

Négy kérdésünk van:

- Honnan tudom, hogy mikor kezdődik az adatátvitel?
- Honnan tudom, hogy mikor ért véget az adatátvitel?
- Honnan tudom, hogy minden bit megérkezett?
- Honnan tudom, hogy nem változott meg egyetlen bit értéke sem véletlenül?

# Adatsor elejének és végének jelzése



## Hol kezdődik az adat?

- Például egy speciális bitsorozattal jelzem, hogy itt kezdődik az adat.
- Például mindig várok  $t$  időt két adat között, és ebből kiderül, hogy hol kezdődik az új.

## Hol van vége az adatnak? Megérkezett minden bit?

- Például egy speciális bitsorozattal jelzem, hogy itt ér véget az adat.
- Például tudom, hogy milyen hosszú az adat, és számolom az érkezett biteket.



## Nem sérült-e meg az adat útközben?

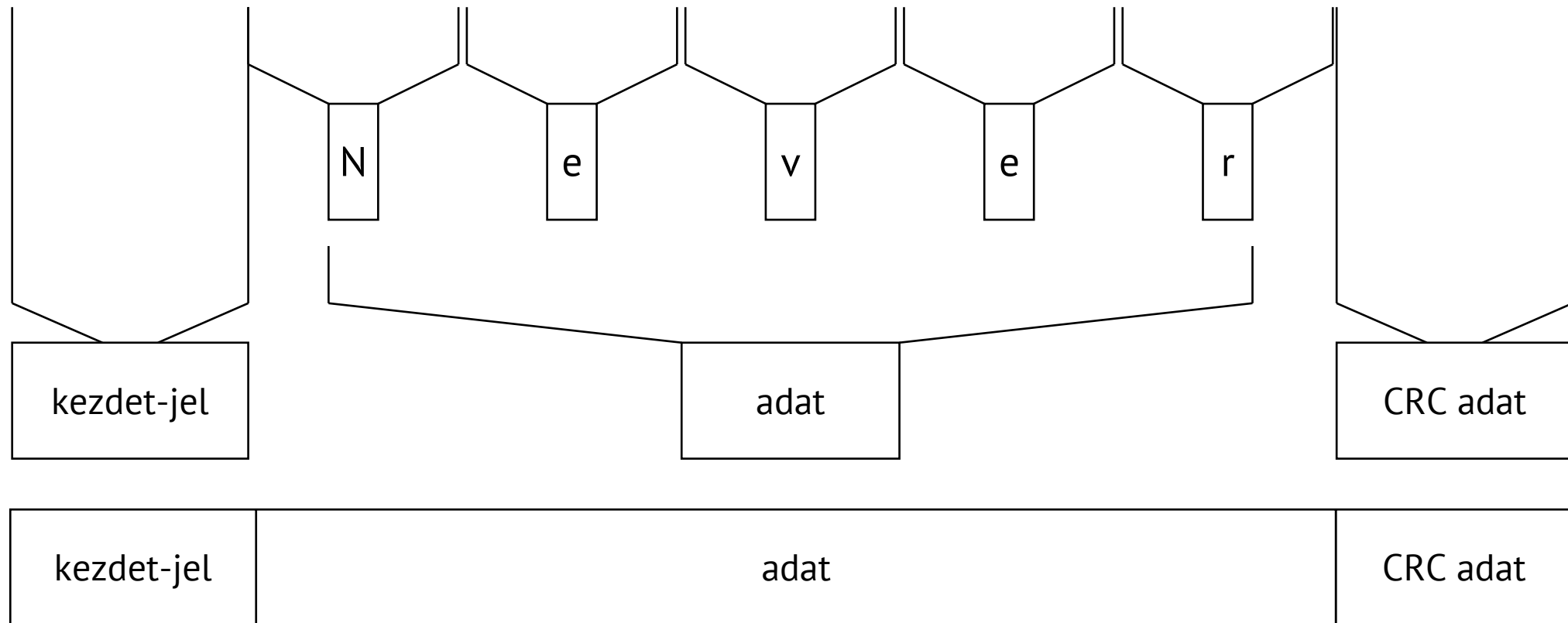
- Például paritásbitet használok; kiegészítem az adatsort plusz egy bittel, aminek értékét úgy állítom be, hogy az átvitt adatban összesen páros darab 1-es legyen. Ha a fogadó oldalon nem páros darab 1-est látok az üzenetben, akkor baj van.
- Például ellenőrző összeget (CRC) használok; kiegészítem az adatsort egy byte-tal, aminek értékét algoritmikusan számolom az adatból. A fogadó oldalon is kiszámolom ezt az értéket és összevetem a kettőt; ha egyezik, akkor nincs baj.

# Keretezés

Az eredeti adatsort kiegészítem az átvitelt könnyítő jelzésekkel.

Például elé fűzök egy kezdet-jelzést, a végére rakok egy CRC adatot stb.

11111111010011100110010101110110011001010111001000101011





Az adatot így bekereteztem mindenféle egyéb dolgokkal.  
Az így kapott „keret” szaknyelven

## frame

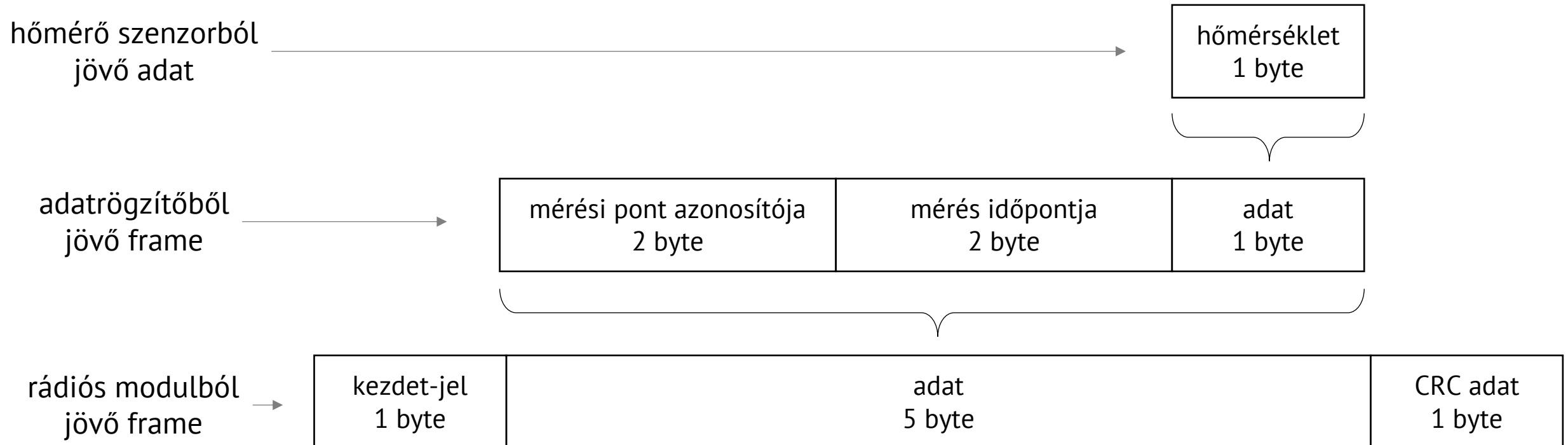
kezdet-jel 1 byte	adat 5 byte	CRC adat 1 byte
----------------------	----------------	--------------------

# Keretek keretezése

Az adat sokféle módon keretezhető, többféle frame-szerkezet lehet.

Az egyes eljárások által használt frame-szerkezeteket írják le a szabványokban, RFC-kben.

**Az enkapszuláció elvén egy frame egy másik frame-be is betehető:**



# #02/1 – Összefoglalás

- Fogalmak**
- bit, byte
  - paritásbit, ellenőrző összeg
  - frame

- Elvek**
- Adatsérülés elkerülése:
- hol kezdődik?
  - hol végződik / milyen hosszú?
  - sérült?

## **#02/2 – A physical layer**



# A physical layer szerepe



Feladata az eszközök fizikai összekötéséhez szükséges feltételek megteremtése.

*Tipikusan ennek a rétegnek a része:*

- a médium és csatlakozók specifikációja
- digitális logikai adat (bináris bitsor) átalakítása fizikai jelenséggé
- a zajmentes átvitel érdekében betartandó szabályok megfogalmazása

# A médium specifikációja

- Vezetékes közeg
  - csavart érpár (twisted-pair)
  - koaxiális kábel (coax)
  - üvegszál (optikai) kábel (fiber)
- Vezeték nélküli közeg
  - elektromágneses sugárzás, ami hullámhossztól függően
    - rádióhullám,
    - látható vagy láthatatlan fény
  - ultrahang

# Vezetékes közegek

## Csavart érpár

Két szigetelt vezető egymással összezsavarva alkot egy érpárt. Több csavart érpár együtt alkot egy kábelt.

Az elektromos tulajdonságoktól (pl. áthallás) függően a kábelt kategorizáljuk:

pl. Cat3, Cat5e, Cat6, ...

Az érpárok közösen vagy külön-külön igény szerint árnyékolhatók (shield):

pl. UTP, FTP, S/FTP

*Előfordulás:* telefonhálózat, LAN



# Vezetékes közegek

## Moduláris csatlakozó

NPMC alakú nevek, ahol N a helyek száma, M az érintkezők száma (pl. 8P8C). Oldható csatlakozás.

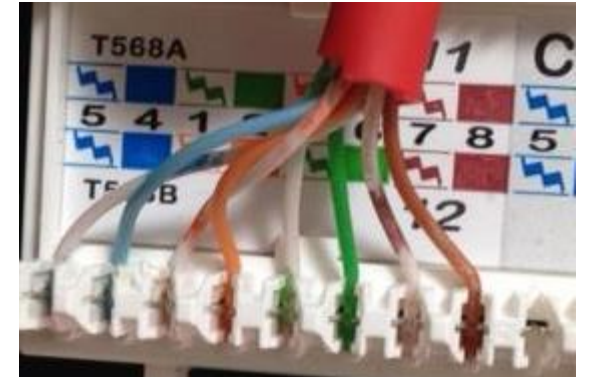


*Előfordulás:* fali csatlakozó, eszközön lévő port, LAN kábel

## Késes csatlakozó

Behasított fém lemez, a drótot ebbe a hasítékba nyomjuk be. Állandó kötés kialakítására való.

*Előfordulás:* patch panel, telefon elosztószekrény



# Vezetékes közegek

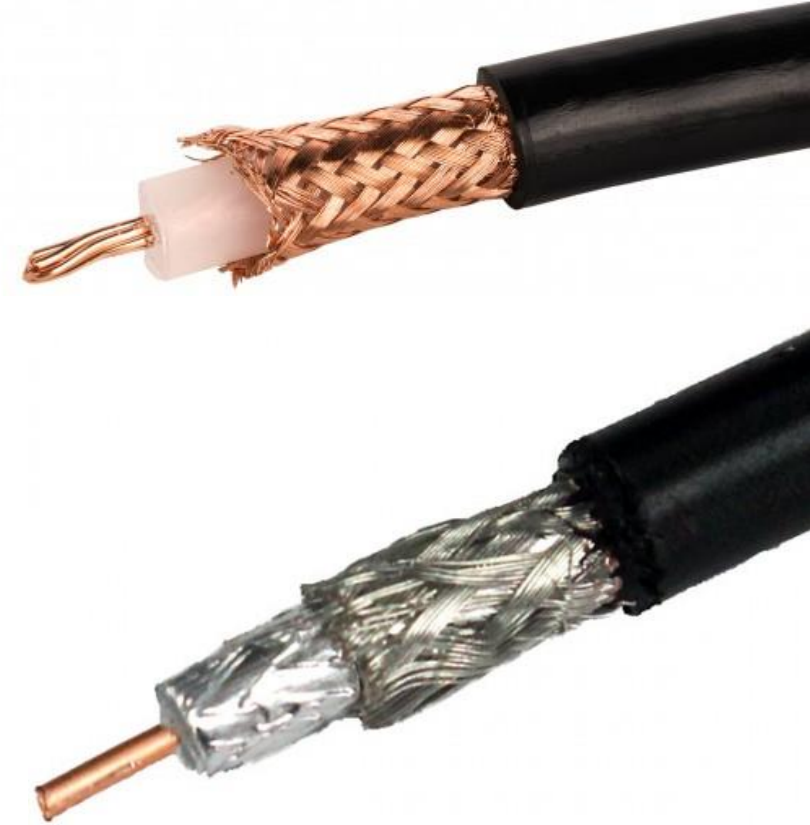
## Koaxiális kábel

Egy középső vezető magból, az azt követő szigetelésből és árnyékolásból áll.

A kábel pontos hullámimpedanciára van gyártva  
pl. 50 ohm, 75 ohm

Létezik baseband (digiális jelhez) és boradband (analóg jelhez) gyártott kábel.

*Előfordulás:* antennák és berendezések összekötése, kábel TV, DOCSIS rendszerben (pl. Vodafone [UPC])



# Vezetékes közegek

## BNC csatlakozó

Bajonettzáras csatlakozó, gyors kötést és bontást tesz lehetővé.

*Előfordulás:* műszereken, ősrégi Ethernet hálózatban



## Menetes csatlakozók

A menetes csatlakozás miatt körülményesebb, de biztonságosabb csatlakozás. Pl. F-csatlakozó vagy SMA

*Előfordulás:* kábel TV hálózaton, WiFi antenna



# Vezetékes közegek

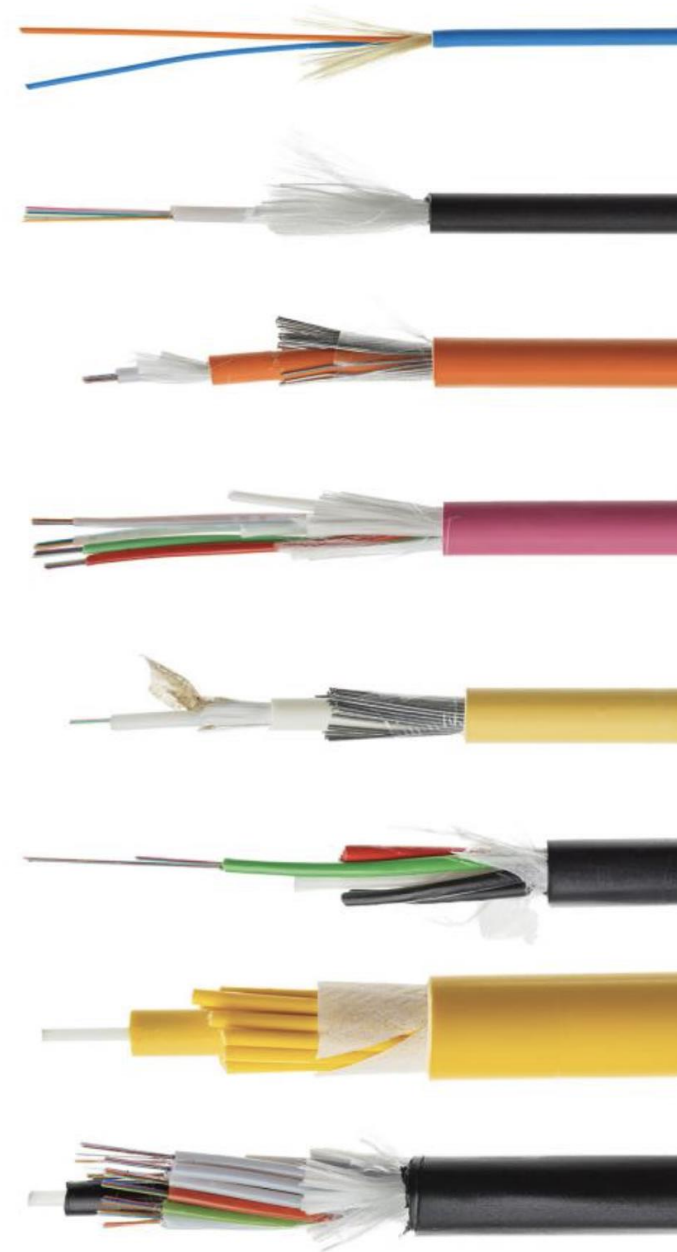
## Optikai szál

Egy középső, fényvezető magból és az azt körbevevő, visszaverődést előidéző héjből, valamint a mechanikai védelmet nyújtó anyagokból áll.

Egy kábelben több párhuzamos fényvezető szál is lehet.

A belső mag átmérője meghatározza a fény terjedésének módját (módus): pl. multimódusú, egymódusú szál

*Előfordulás:* Ipari környezetben, kültéri hálózatokban, FTTx rendszerekben (Telekom, DIGI)





# Vezetékes közegek

## SC, LC csatlakozók

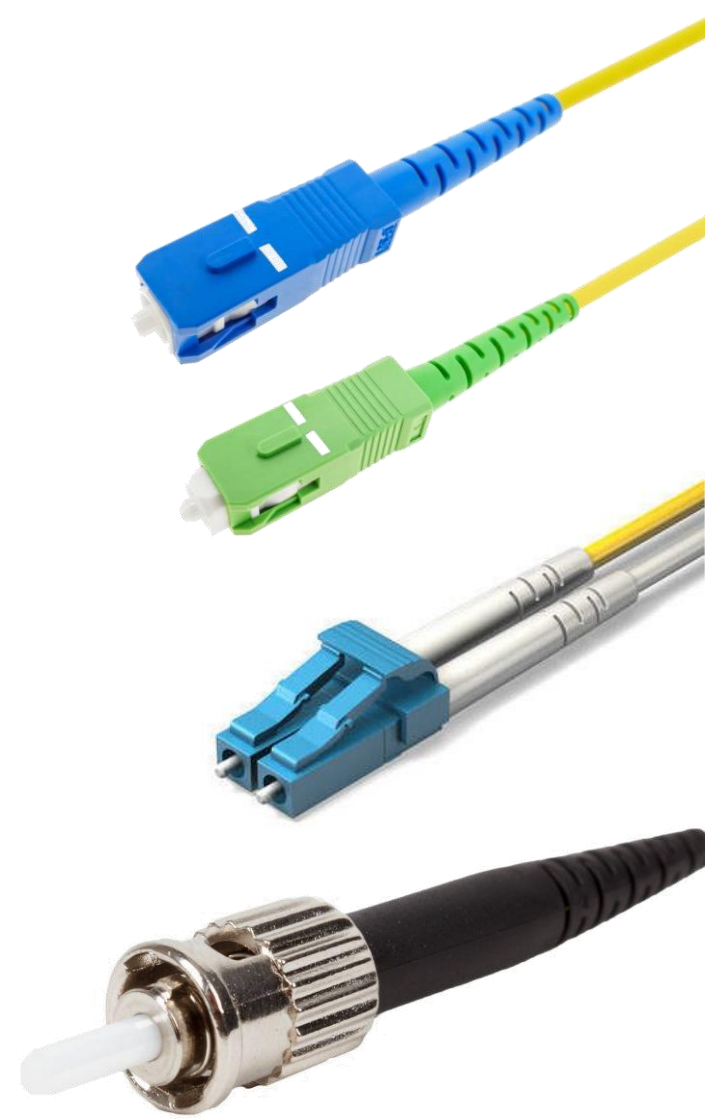
Beakadó füles kivitel, könnyű csatlakoztathatóság. Van szimpla és dupla kivitelben is.

*Előfordulás:* GPON hálózaton, SFP modulokban

## Menetes csatlakozók

A menetes csatlakozás miatt körülményesebb, de biztonságosabb csatlakozás. Pl. ST és FC csatlakozók

*Előfordulás:* patch paneleken, ipari környezetben





# Vezeték nélküli közegek

## Infravörös átvitel

Jellemzően 750–1600 nm közötti hullámhossz

Infravörös fényt kibocsájtó és érzékelő elemek között szabadon terjed a jel.

Probléma lehet az interferencia (belesüt a nap) vagy a blokkolás (belelóg a faág a jelútba).

*Előfordulás: távirányító, villanyóra, lézeres átvitel, LiFi*



# Vezeték nélküli közegek

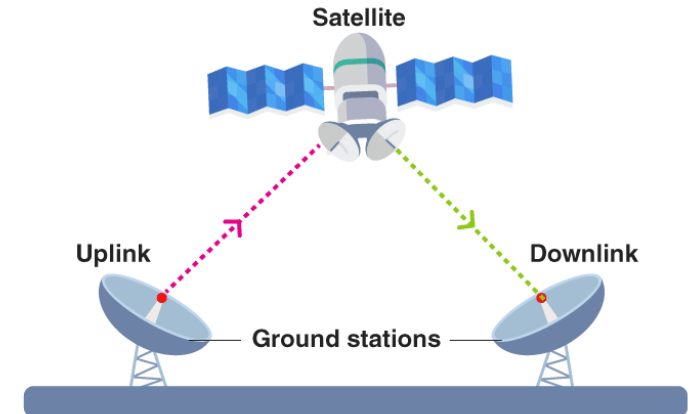
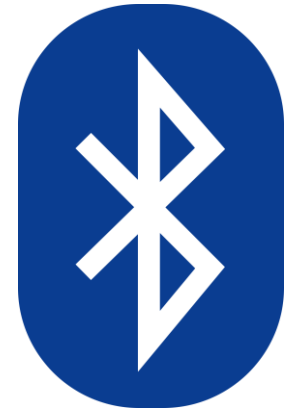
## Rádióhullámok

Jellemzően 0,3–300 GHz tartományú mikrohullám

Adó és vevő (adóvevő) antennák közt terjed a jel.

Probléma lehet az interferencia (villám, mikró), vagy a blokkolás (vasbeton)

*Előfordulás: WiFi, Bluetooth, GSM, műholdas átvitel*



# Vezeték nélküli közegek

## Hanghullámok

Jellemzően 100 Hz – 100 kHz

Adó hangszóró és vevő mikrofon közt terjed a levegőben vagy egyéb anyagban (pl. víz).

Probléma lehet az interferencia (beszéd, denevér), vagy a jelerősség-csökkenés.

*Előfordulás: akusztikus modem, kémkedés, madárriasztó*



# A digitális adat jelekké való alakításának módja

- Line code (vonali kódolás)
  - Non-Return-to-Zero Level (NRZ-L)
  - Non-Return-to-Zero Mark (NRZ-M)
  - Non-Return-to-Zero Space (NRZ-S)
  - Return-to-Zero (RZ)
  - Manchester
  - Bipolar
  - ...
- Modulation (moduláció)
  - ASK
  - FSK
  - PSK
  - QAM
  - ...

**Lásd még:**  
Infocommunication Systems  
(P-ITTAV-0004)

# #02/2 – Összefoglalás

**Fogalmak**    Physical layer feladatai

**Eszközök**    réz és optikai szálak felismerése (UTP, coax, optika)  
néhány csatlakozó felismerése (8P8C, BNC, optika)

# **#02/3 – Ethernet physical layer**

# Ethernet physical layer

Nevének eredete:

„ether” = „éter”

*Az a hipotetikus közeg amiben a XIX. századi tudósok szerint az elektromágneses hullámok terjednek.*

# Ethernet physical layer

Az ethernet physical layer szabványokat az IEEE adja ki.  
A szabványoknak van IEEE formátumú száma és beszédes neve is.

Például:

IEEE 802.3ab → 1000BASE-T

*szabványos név*

*beszédes név*



# Ethernet szabványok beszédes nevének részei

pl. 1000BASE-T

**Sebesség:** 1, 10, 100, 1000, 10G és hasonló jelölésekkel

**Átviteli sáv:** BASE, BROAD, PASS jelöléssel (baseband, broadband, passband)

**Médium:** T, S, L, Z, C, K, H stb. jelölésekkel, ahol a betű jelzi a technológiát.  
Pl.: T – twisted pair, S – short wavelength, L – long wavelength, K – coax

**Kódolás:** X, R jelöléssel; hogyan alakítjuk a bitet jellé

**Sávszám:** 1, 2, 4, ... az összeköttetéshez használt külön vezetékek (sávok) száma vagy a WAN hálózatban áthidalható legnagyobb távolság (km-ben)

# Néhány Ethernet példa

## 10BASE2

10 Mbit/s, baseband, koaxiális kábelen, BNC csatlakozóval.  
Multipoint link, az 1980-as évek technológiája, mára elavult.



# Néhány Ethernet példa

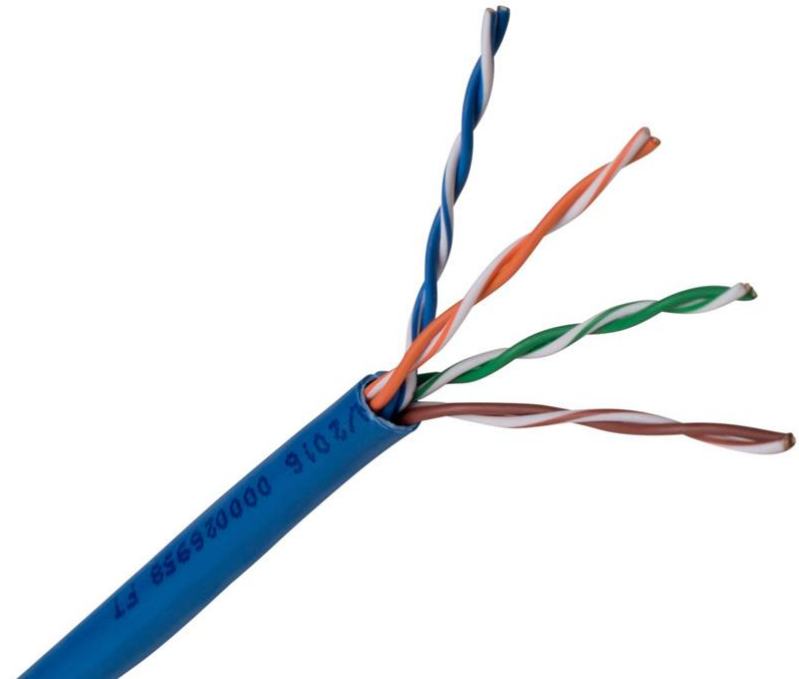
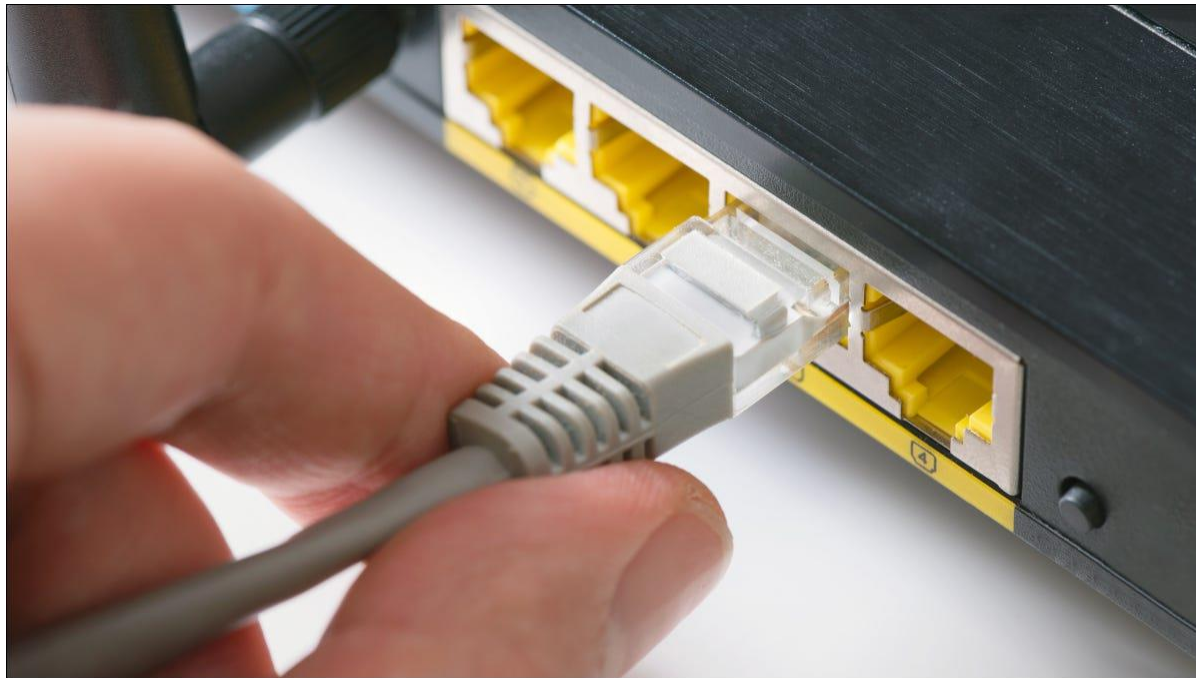
**100BASE-TX**

100 Mbit/s, baseband, csavart érpáron (1-1 pár a full-duplexhez)

**1000BASE-T**

1 Gbit/s, baseband, csavart érpáron (2-2 pár a full-duplexhez)

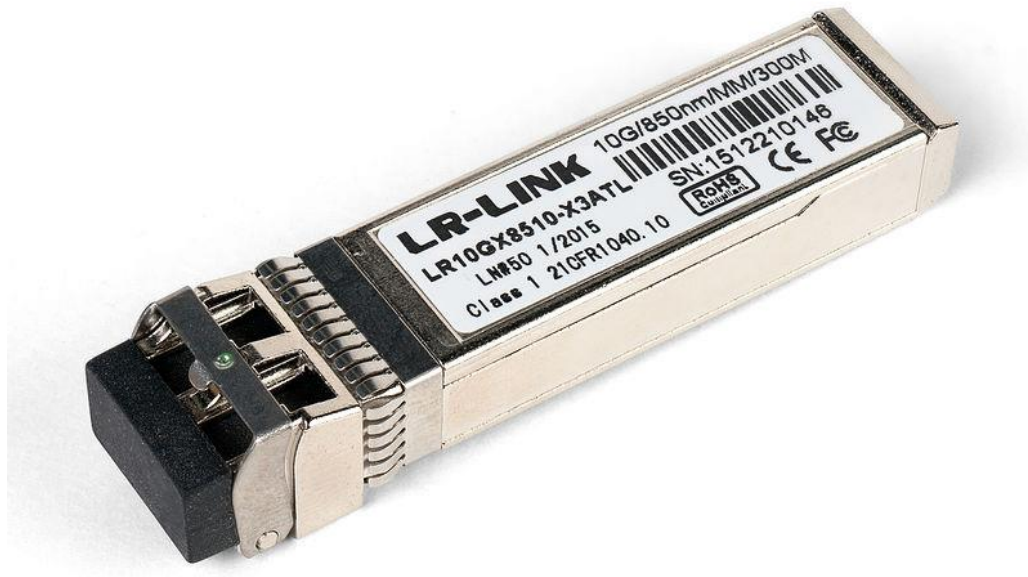
Manapság is használatos, Cat5+ kábelben, 8P8C csatlakozóval



# Néhány Ethernet példa

## 10GBASE-SR

10 Gbit/s, baseband, optikai szálon, 850 nm-es hullámhosszú fény  
Manapság is használt nagy sebességű technológia.



# Physical layer szinten működő eszközök

Létezhet olyan eszköz, ami nem rendelkezik physical interface-szel (nem csinál a fizikai jelenségből adatot), de a fizikai jelenséget megváltoztatja.

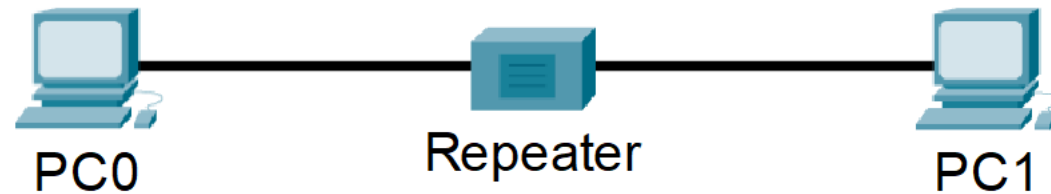
- **Repeater** (jelismétlő)
- **Hub** (sokszorozó)



# Physical layer szinten működő eszközök

## Repeater (jelismétlő)

- A kapott fizikai jelenséget megismétli.
- Segít egy hosszú vezeték vagy nagy kiterjedésű rádiós hálózat esetén az erősítésben.
- Mivel a fizikai jelenséget ismétli, sérült, hibás adatot is átvisz.



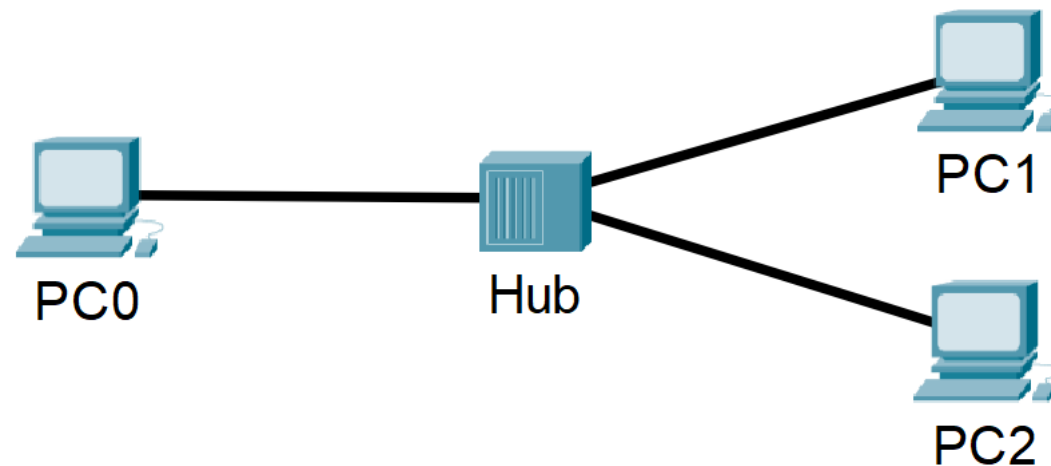




# Physical layer szinten működő eszközök

## Hub (sokszorozó)

- A kapott fizikai jelenséget minden irányba megismétli.
- Használható egy link többfelé osztására vagy több link egyesítésére.
- Mivel a fizikai jelenséget ismétli, sérült, hibás adatot is átvisz.
- Mivel több kapcsolódási pontja is van, ütközés szempontjából kritikus eszköz.



## #02/3 – Összefoglalás

**Szabvány**      100BASE-T, 10GBASE-SR, és hasonló alakból megmondani a sebességet és az átviteli közeg típusát (réz vagy üveg)

**Eszköz**        Repeater és hub feladata



# **#02/4 – Ethernet data link layer**

# A data link layer szerepe



Feladata az adat linken keresztüli átvitele két szomszédos eszköz között.

*Tipikusan ennek a rétegnek a feladata:*

- megoldani, hogy a frame-ek el legyenek különítve egymástól,
- megoldani, hogy az adat épségben kerüljön átvitelre,
- megoldani, hogy az adatot az (is) kapja meg, akinek szánták.

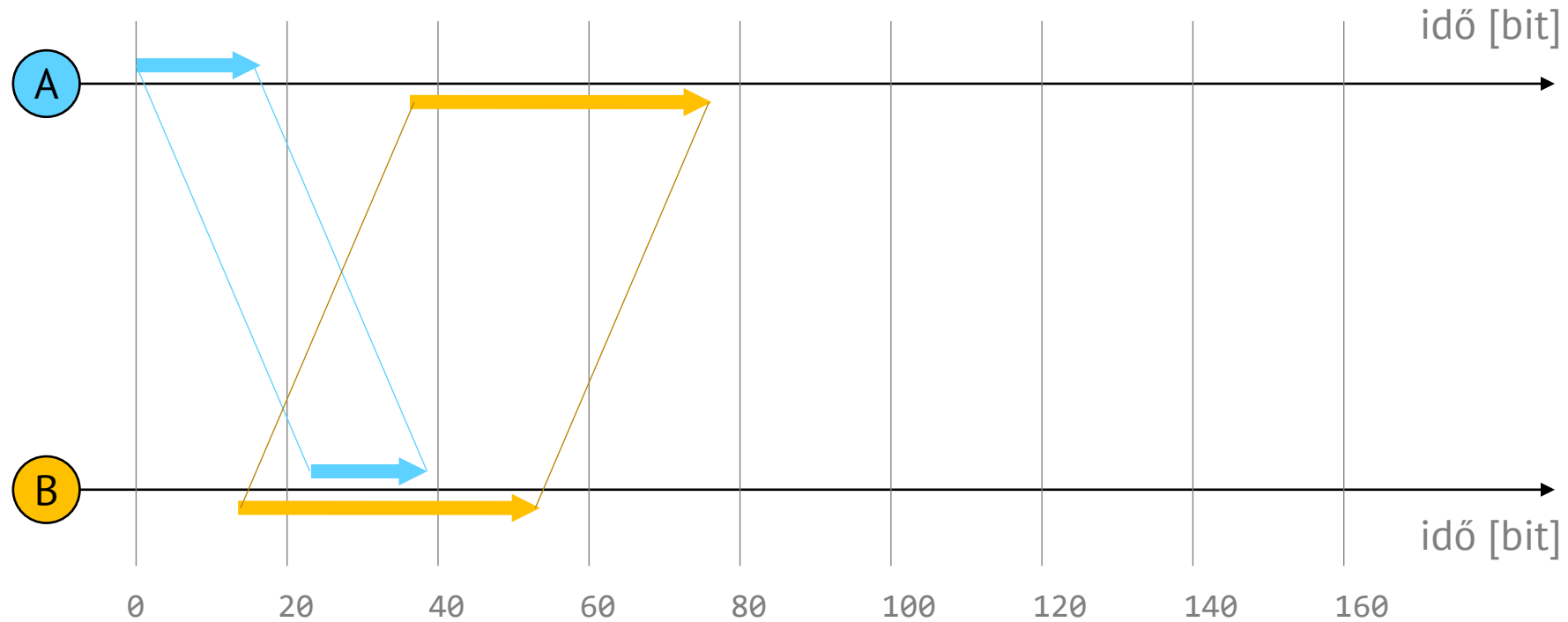
# Ethernet data link layer implementáció

## Jellemzői

- CSMA/CD-t használ
- keretezi az adatot → frame-et visz át
- a fair hálózat érdekében...
  - felülről korlátozza a frame-ek hosszát (jellemzően 1518 byte), és
  - előír minimális várakozási időt két frame átvitele között.

... és még néhány szabály ...

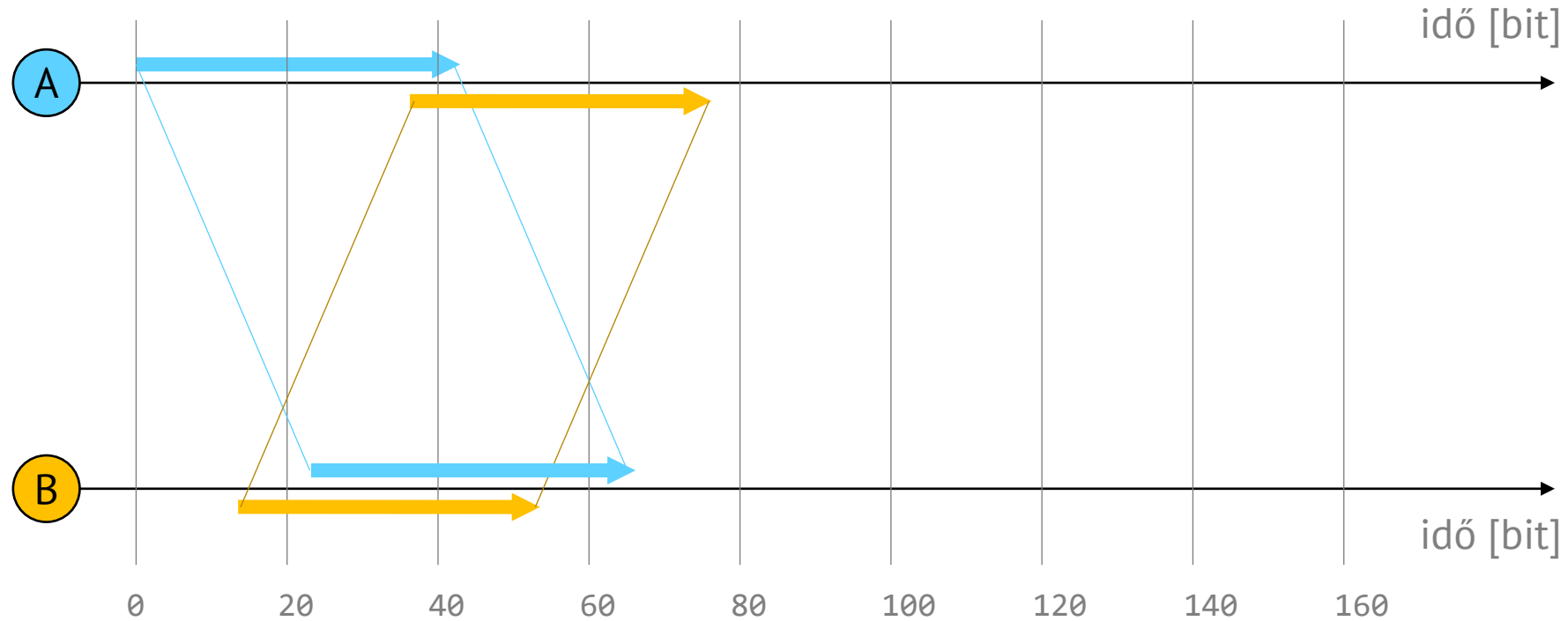
# Late collision



Az **A** node képes volt rövidebb idő alatt elküldeni a teljes frame-et, minthogy az eljutott volna a **B** node-hoz.

Az **A** node nem érzi úgy, hogy ütközés történt volna.

# Late collision



Ha az **A** node által küldendő frame hosszabb lett volna, akkor már észlelné az ütközést.  
Így nem hinné – tévesen – azt, hogy sikerült a küldés.

# Late collision

**Ha elindul egy frame, akkor azt a hálózat legtávolabbi pontján is észre kell venni.**

Ha nem vesszük észre, akkor nem tudjuk detektálni az ütközést.

Ennek elkerülésére az Ethernet még a továbbiakat is megszabja:

- korlátozza a kábelek hosszát,
- korlátozza a repeaterek és hubok számát,
- alulról korlátozza a frame-ek hosszát (**slot time**)  
jellemzően 512 bit (64 byte), gigabitnél lehet 4096 bit (512 byte) is.

# Ethernet frame



Az Ethernet frame formátuma a következő:

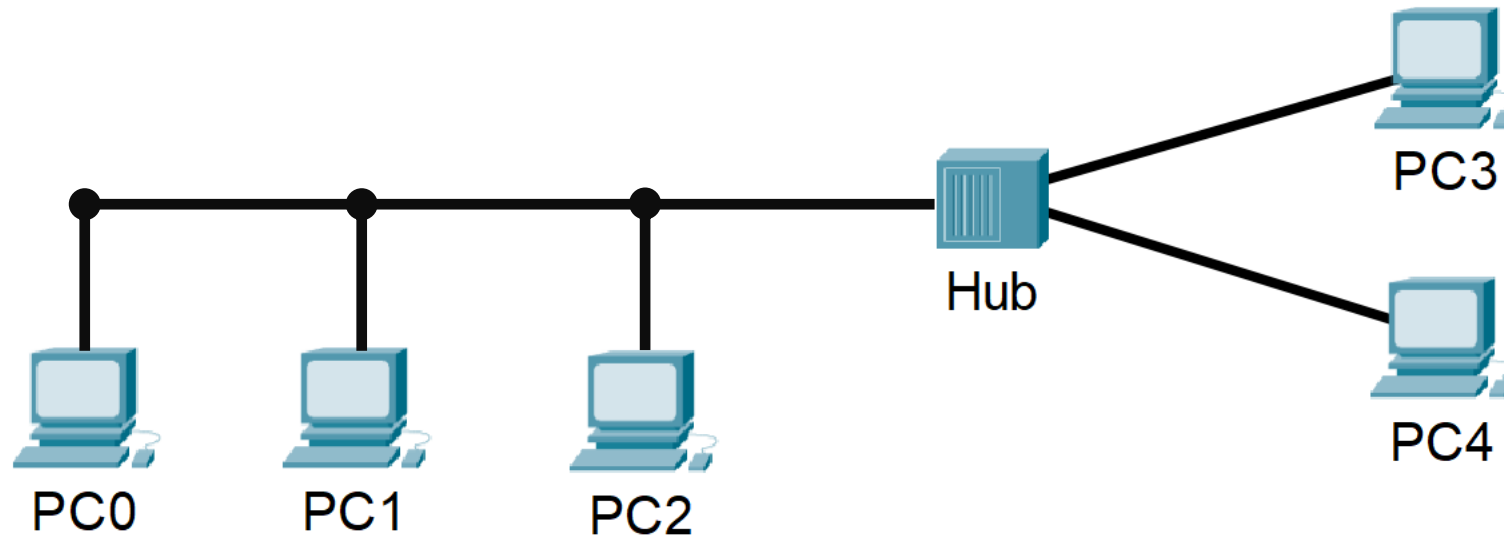
preamble 7 byte	SFD 1 byte	DA 6 byte	SA 6 byte	len/type 2 byte	data max. 1500 byte	pad n byte	CRC 4 byte
--------------------	---------------	--------------	--------------	--------------------	------------------------	---------------	---------------

- **preamble** 10101010 váltakozó 0/1, szinkronizál a két eszköz
- **SFD** 10101011 *Start of Frame Delimiter*, jelzi a frame kezdetét
- **DA** *Destination Address* – a címzett physical interface címe
- **SA** *Source Address* – a küldő physical interface címe
- **len/type** az adat hossza (pad-del együtt) vagy típusa
- **pad** ha az adat rövid (< 46 byte), akkor legalább ekkorára kiegészítjük
- **CRC** a DA mezőtől az adat (pad) végéig számolt ellenőrző összeg.

# Miért kell címzés?

Semmi nem tiltja, hogy a hálózatban multipoint link legyen.

Semmi nem tiltja, hogy a hálózatban hub legyen.



A PC0 eszköz physical interface-e által a PC4 eszköz physical interface-e részére szánt üzenetet az összes többi physical interface is megkapja.

Honnan tudják a physical interface-ek, hogy ez most nekik szól-e vagy sem?



# MAC cím



Az Ethernet szabvány a physical interface-eknek a hozzáférést kontrolláló címet oszt.

## Media Access Control (MAC) address

A MAC címek 6 byte-nyi méretűek. Hexadecimális számként, kettősponttal, kötőjellel vagy ponttal elválasztva írjuk.

XX:XX:XX:XX:XX:XX

XX-XX-XX-XX-XX-XX

XXXX.XXXX.XXXX

Példa:

00:00:0C:12:4A:B9

00-00-0C-12-4A-B9

0000.0c12.4ab9

# MAC cím

A MAC cím első byte-jának második fele jelzi, hogy milyen címről van szó:

\_ X : \_ \_ : \_ \_ : \_ \_ : \_ \_

- Világállandó (globálisan egyedi):  $X \in \{0, 4, 8, C\}$
- Lokálisan kiosztható:  $X \in \{2, 6, A, E\}$
- Multicast címek:  $X \in \{1, 3, 5, 7, 9, B, D, F\}$

A multicast címek közül az FF:FF:FF:FF:FF:FF címet broadcast címezésre használjuk.

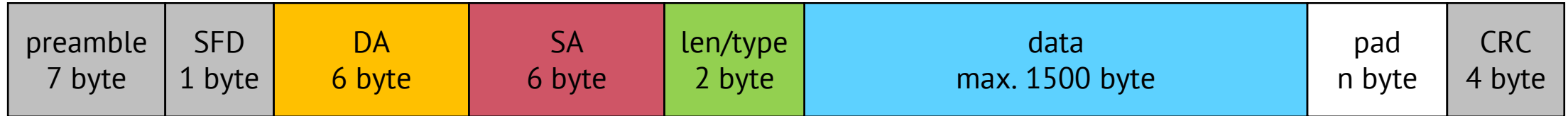


# MAC cím

- az eszköz a saját memóriájában tárolja,
- a hálózaton belül egyedinek kell lennie,
- a világállandó címtartományokat az IEEE osztja ki a gyártóknak,  
*például minden 00:00:0C kezdetű cím a Ciscohoz tartozik*
- a gyártó megváltoztathatatlanul beírja a címet az eszközbe,  
*vagy nem...*
- a physical interface csak a saját címére érkező frame-eket adja át az oprendszernek,  
*kivéve, ha kémkedik...*
- a physical interface átadja az oprendszernek a broadcast címre címzett frame-eket is,
- az oprendszer utasíthatja az interfészt, hogy mely multicast címekre érkező üzeneteket is kéri.

# Valódi Ethernet frame

A physical interface az Ethernet frame-ben szereplő adatot jellemzően a preamble, SFD és CRC részek nélkül adja tovább az operációs rendszernek.



Példa egy valódi Ethernet frame adattartalmára:

cc 05 0e 88 00 00	ca 01 0e 88 00 06	88 64	11 00 00 11 00 0e
c0 21 0a 01 00 0c	01 fc cb fb 01 fc	cb fb	00 00 00 00 00 00
00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00	00 00	00 00 00 00 00 00

Miért csak 60 byte hosszú?  
(A szabványban előírt minimum 64 byte.)

# Ethernet Type mező

A type mező lehetséges értékeit az IEEE foglalja szabványba és pl. az IANA nyilvántartásában is elérhető a lista:

<https://www.iana.org/assignments/ieee-802-numbers/ieee-802-numbers.xhtml>

## Néhány példa:

0x0800	IPv4 protocol
0x0806	ARP protocol
0x0842	Wake-on-LAN
0x86DD	IPv6
0x8808	Ethernet Flow Control
0x8863	PPPoE Discovery

# Data link layer szinten működő eszközök

Létezhet olyan eszköz, aminek van physical interface-e, és ami a data link layer szintjén működik. (Az Ethernet frame-ben lévő adat mezőt nem bántja, de a frame egyéb részeit módosíthatja, vizsgálhatja).

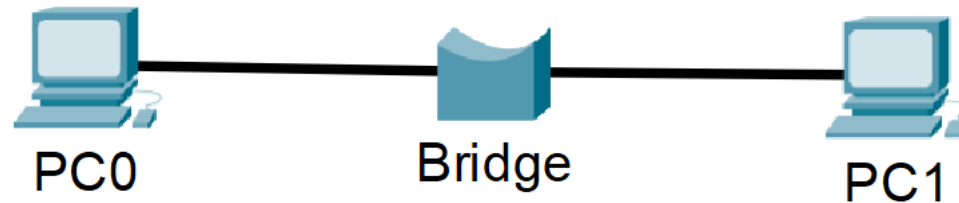
- **Bridge** (híd)
- **Switch** (kapcsoló)



# Data link layer szinten működő eszközök

## Bridge (híd)

- Pontosán két physical interface-e van, ezzel pontosan két hálózatot köt össze.
- Az egyik oldalon kapott frame-eket a másik oldalon feltételesen ismétli.
- Dönthet úgy, hogy egy frame-et nem visz át a másik oldalra.
- Esetleg megtanulja, hogy milyen MAC címek vannak az egyik és másik oldalán.

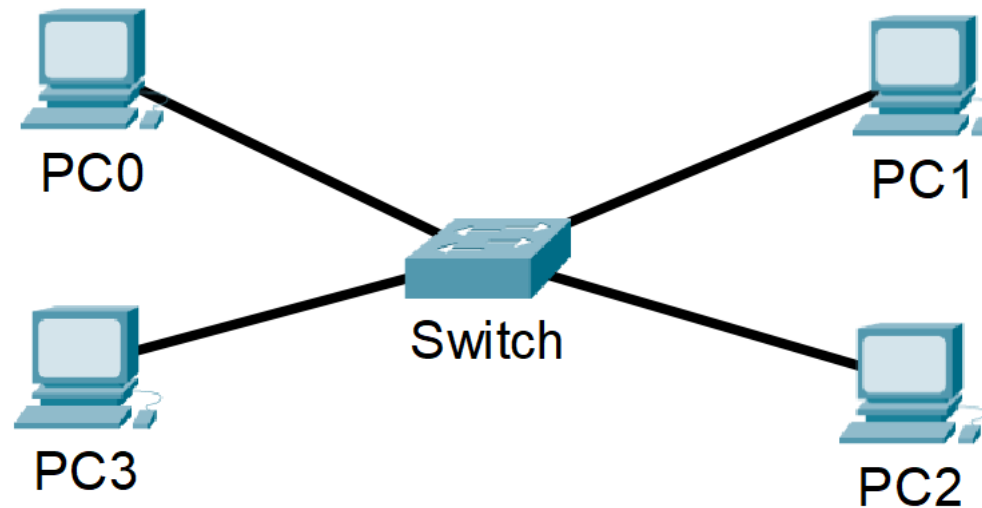




# Data link layer szinten működő eszközök

## Switch (kapcsoló)

- Legalább két physical interface-e van, ezzel több hálózati eszközt köt össze.
- A kapott frame-et megpróbálja a címzett számára (is) továbbítani.
- Figyeli a címezést, a broadcast címre érkező frame-et lemásolja és mindenkinek kiküldi.
- Megtanulhatja, hogy melyik physical interface-én mely MAC című eszköz(ök) van(nak).





# Ethernet trükkök

## Flow control

Előfordulhat, hogy a küldő túl gyorsan küld, a címzett a kapott adatot nem képes ilyen sebességgel feldolgozni.

A címzett kérheti a küldőt, hogy álljon meg egy kicsit. A címzett küld egy speciális PAUSE frame-et, amiben benne van, hogy mennyi ideig kér adásszünetet.

A szünet ideje alatt adat nem küldhető.

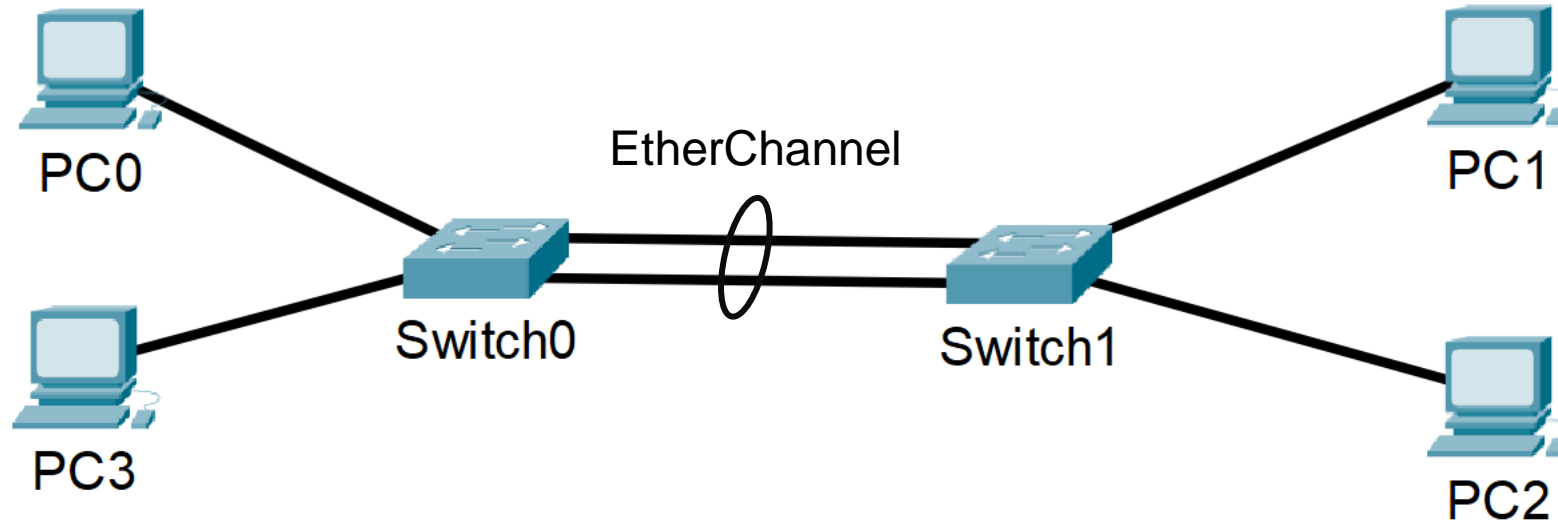
# Ethernet trükkök

## Link aggregation

Két eszköz között két vagy több fizikai link is kiépíthető, melyek logikailag közösíthetők.

Az aggregált összeköttetések „egynek látszanak”, azaz pl. az egyik eszköz 2 közösített physical interface-e ugyanazt a MAC címet viseli.

Nagyobb átviteli sebesség, nagyobb hibatűrés (vezetékszakadás) érhető el.



# Ethernet trükkök

## Autonegotiation

Jellemző, hogy két, ebben a pillanatban összekötött physical interface többféle Ethernet szabványt is támogat.

A két eszköz ekkor megbeszéli egymással, hogy mi az a leginkább preferált közös protokoll, amit mindketten ismernek.

A prioritás a sebességen és a full-duplex átvitelen van.

A sikeres megegyezést követően a kapcsolat azonnal használható.

1	40GBASE	-T	full duplex
2	25GBASE	-T	full duplex
3	10GBASE	-T	full duplex
4	5GBASE	-T	full duplex
5	2.5GBASE	-T	full duplex
6	1000BASE	-T	full duplex
7			half duplex
8	100BASE	-T2	full duplex
9		-TX	full duplex
10		-T2	half duplex
11		-T4	half duplex
12		-TX	half duplex
13	10BASE	-T	full duplex
14			half duplex



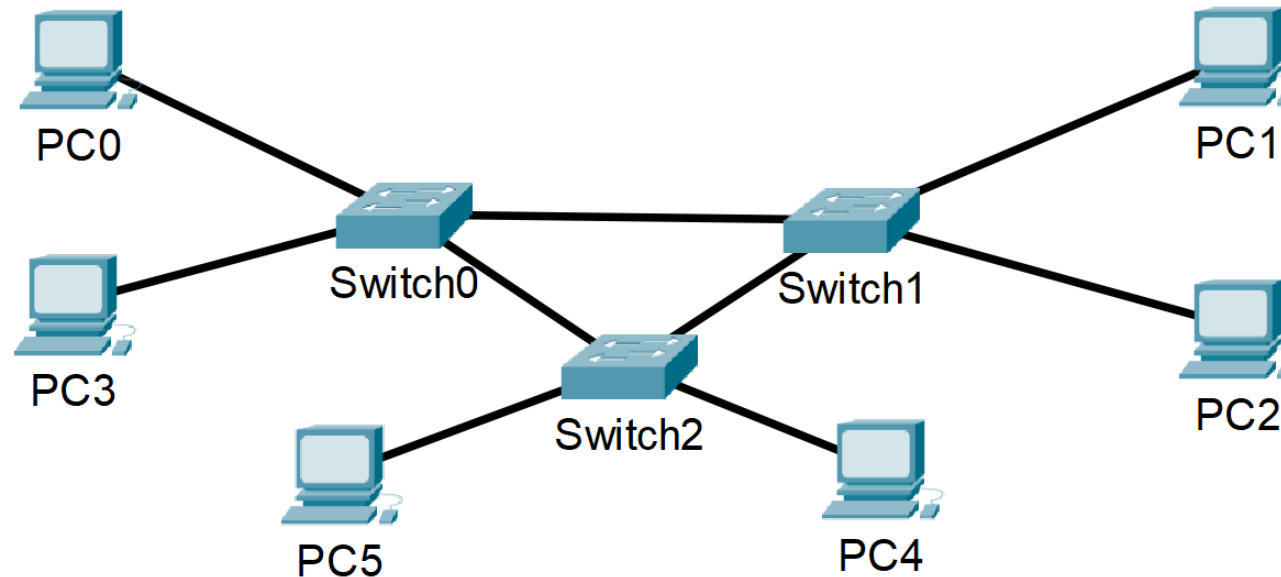
# Ethernet trükkök

## Spanning Tree Protocol

Előfordulhat, hogy három vagy több switchet úgy kötünk hálózatba, hogy kör keletkezik.

Ez az összeköttetés jól jöhet majd (pl. vezetékszakadás esetén), de a kör jelenléte bajt okoz az átvitelben (körbe-körbe tud keringeni egy frame az örökkévalóságig).

A switchek feladata, hogy speciális üzenetekkel felfedezzék a köröket és megszüntessék azokat úgy, hogy bizonyos switchek letiltják a kört okozó physical interface-eiket.



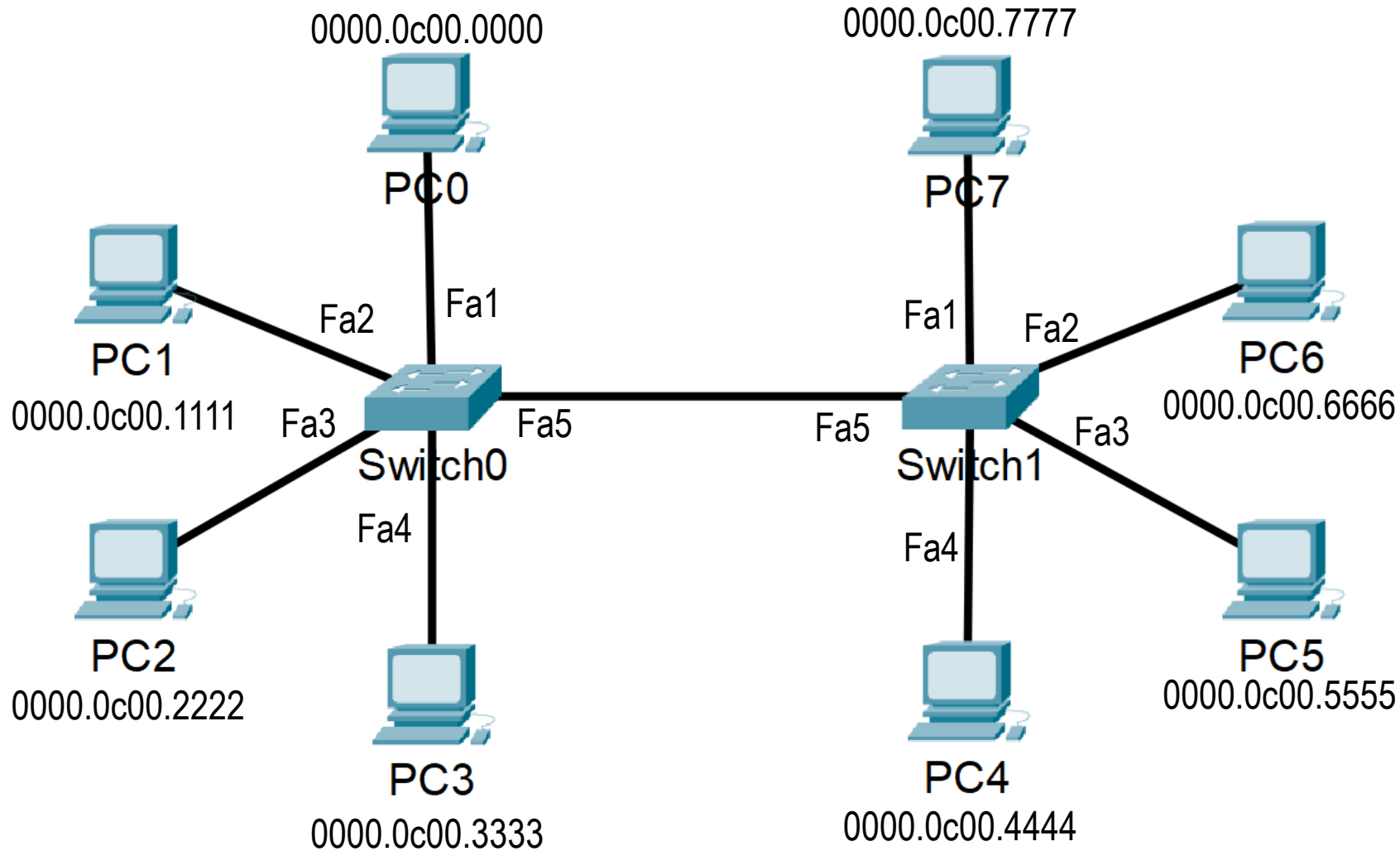
# #02/4 – Összefoglalás

<b>Fogalmak</b>	Data link layer feladatai Címzés szükségessége MAC címek
<b>Képesség</b>	Az Ethernet frame szerkezet leírásának megtalálása, értelmezése
<b>Eszköz</b>	Bridge és switch feladata
<b>Elvek</b>	Link aggregation, Autonegotiation, Spanning Tree Protocol

# **#02/5 – Forgalomirányítás data link layer szinten**

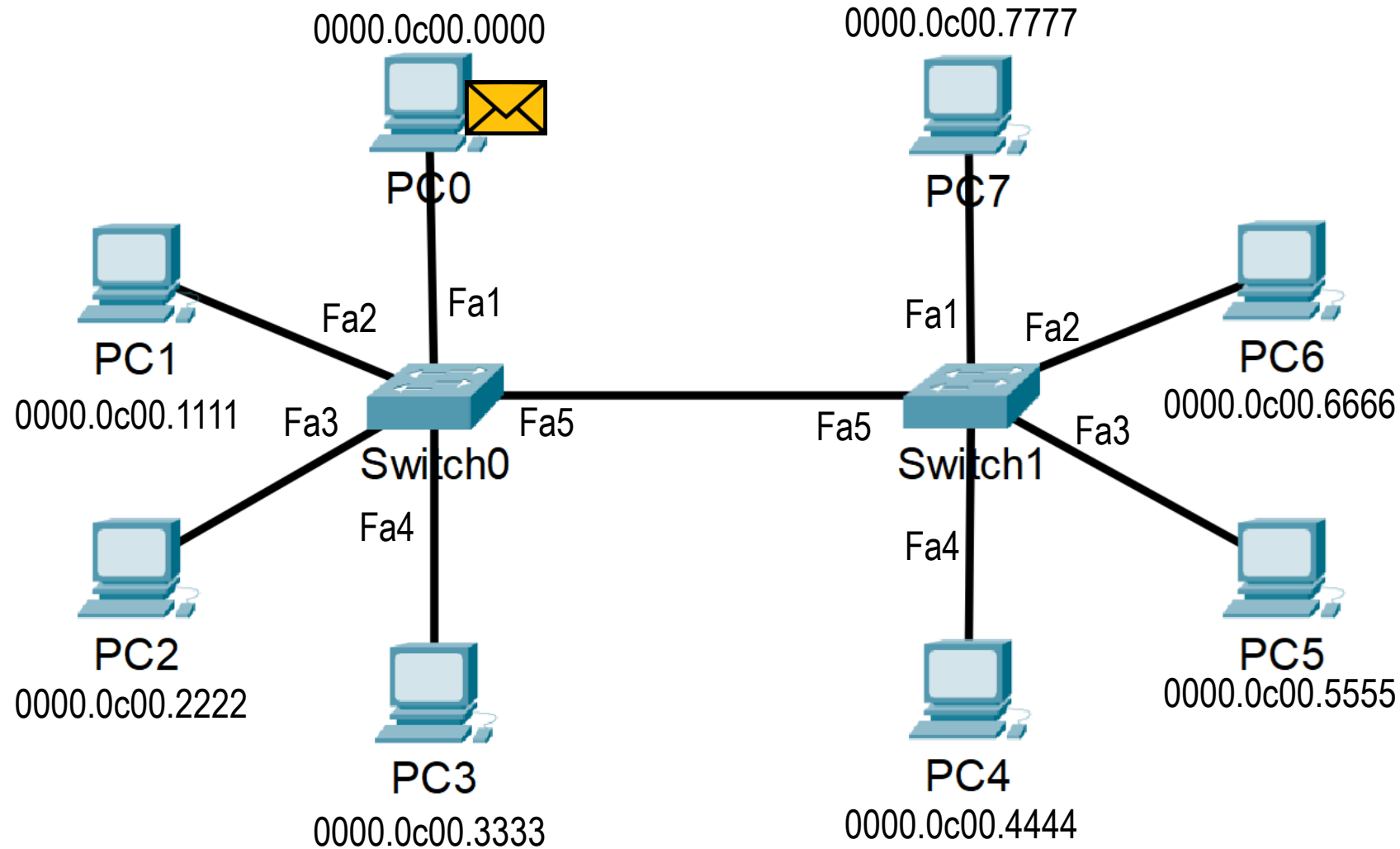
# Hogyan jut el egy frame a feladótól a címzettig?

A PC0 eszköz (0000.0c00.0000) küldeni akar a PC5-nek (0000.0c00.5555).



# Hogyan jut el egy frame a feladótól a címzettig?

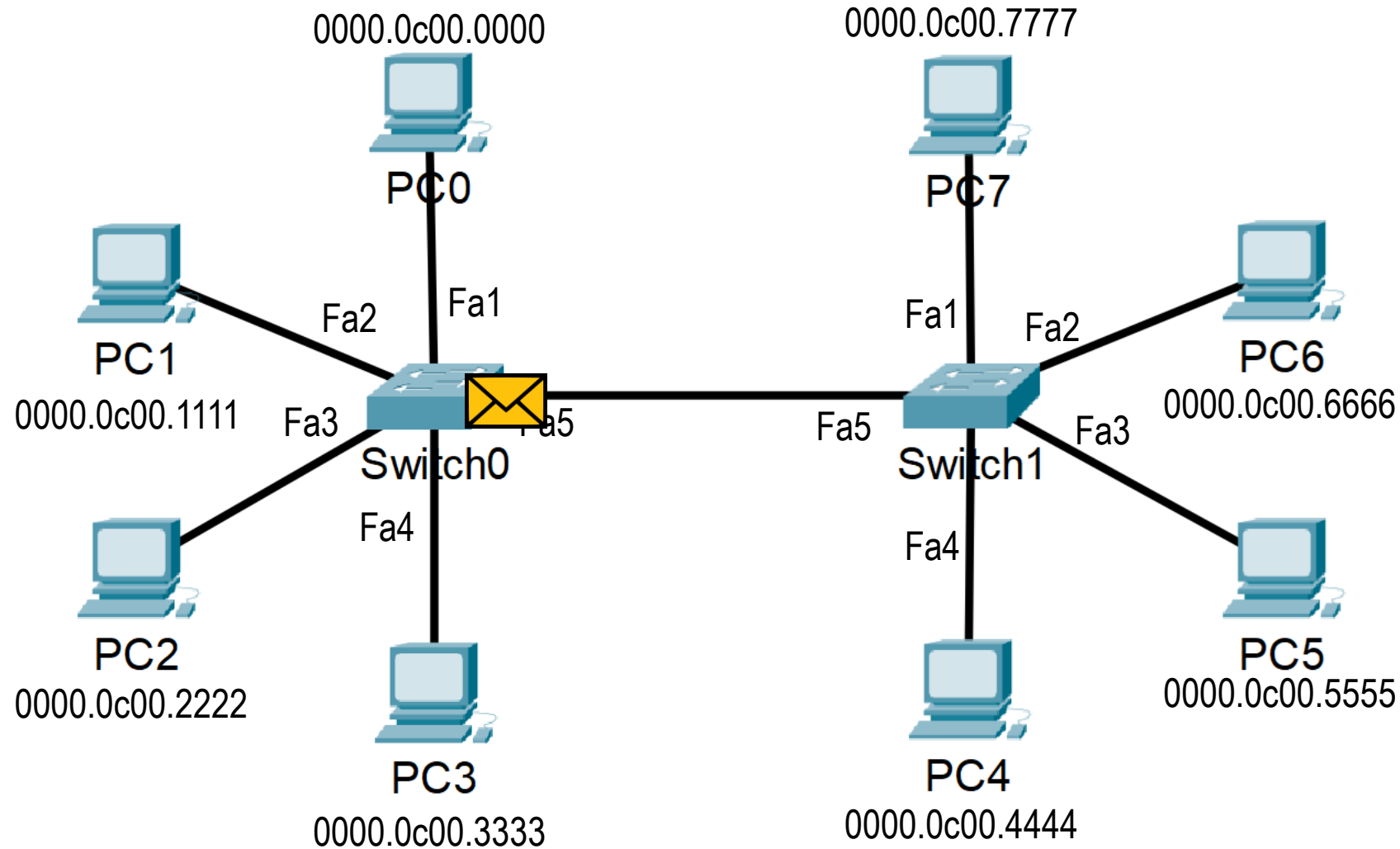
Mivel a PC0-nak csak egy physical interface-e van, ezért azon küldi ki a frame-et.





# Hogyan jut el egy frame a feladótól a címzettig?

A switchnek több physical interface-e is van. Melyiken kell kiküldeni a frame-et?



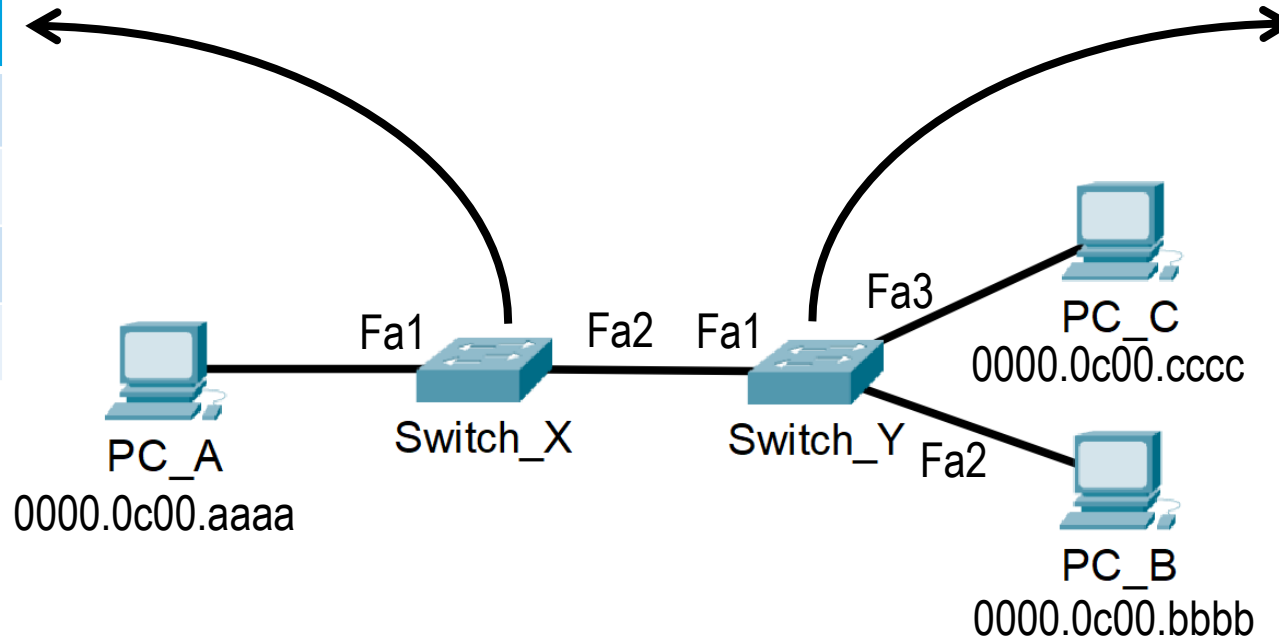
# Frame-ek továbbítása több interface esetén



Ha több physical interface is van, melyiken kell kiküldeni a frame-et?

Az eszközök nyilvántartást vezetnek az egyes physical interface-eiken elérhető eszközökről.

MAC address	iface
0000.0c00.aaaa	Fa1
0000.0c00.bbbb	Fa2
0000.0c00.cccc	Fa2



MAC address	iface
0000.0c00.aaaa	Fa1
0000.0c00.bbbb	Fa2
0000.0c00.cccc	Fa3

# Frame-ek továbbítása több interface esetén

A táblába kétféle módon kerülhet bejegyzés:

- **static entry**

„Statikus” (állandó) bejegyzés, kézzel beírt fix érték.

- **dynamic entry**

„Dinamikus” (változó) bejegyzés.

Tanulási folyamat során kerül be a táblába, és idővel „elfelejtjük”.



# MAC address-table tanulása

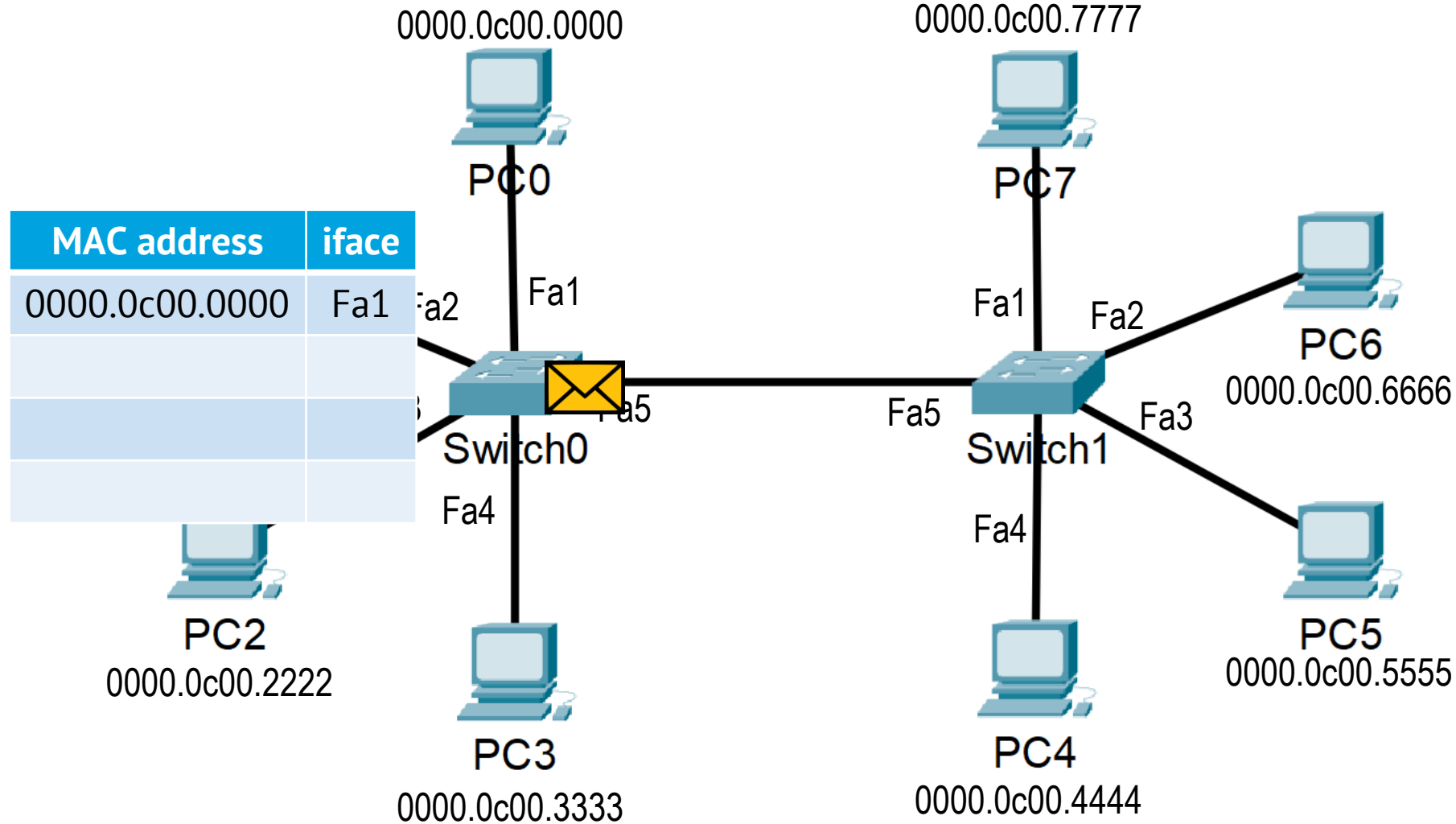
A tanulási folyamat a beérkező frame-ekben szereplő Source Addressst figyeli.

## **A beérkezéshez használt physical interface és a küldő MAC címe alapján:**

- Ha még nincs ilyen MAC címmel bejegyzés, akkor beírjuk a MAC-iface párost.
- Ha már van pont ilyen bejegyzés, akkor azt „megerősítjük” (frissítjük a lejáratí idejét).
- Ha már van ez a MAC cím, de más iface-hez van beírva, akkor átírjuk az iface-t.
- Ha egy MAC címet már rég hallottunk, akkor elfelejtjük az ehhez tartozó bejegyzést.

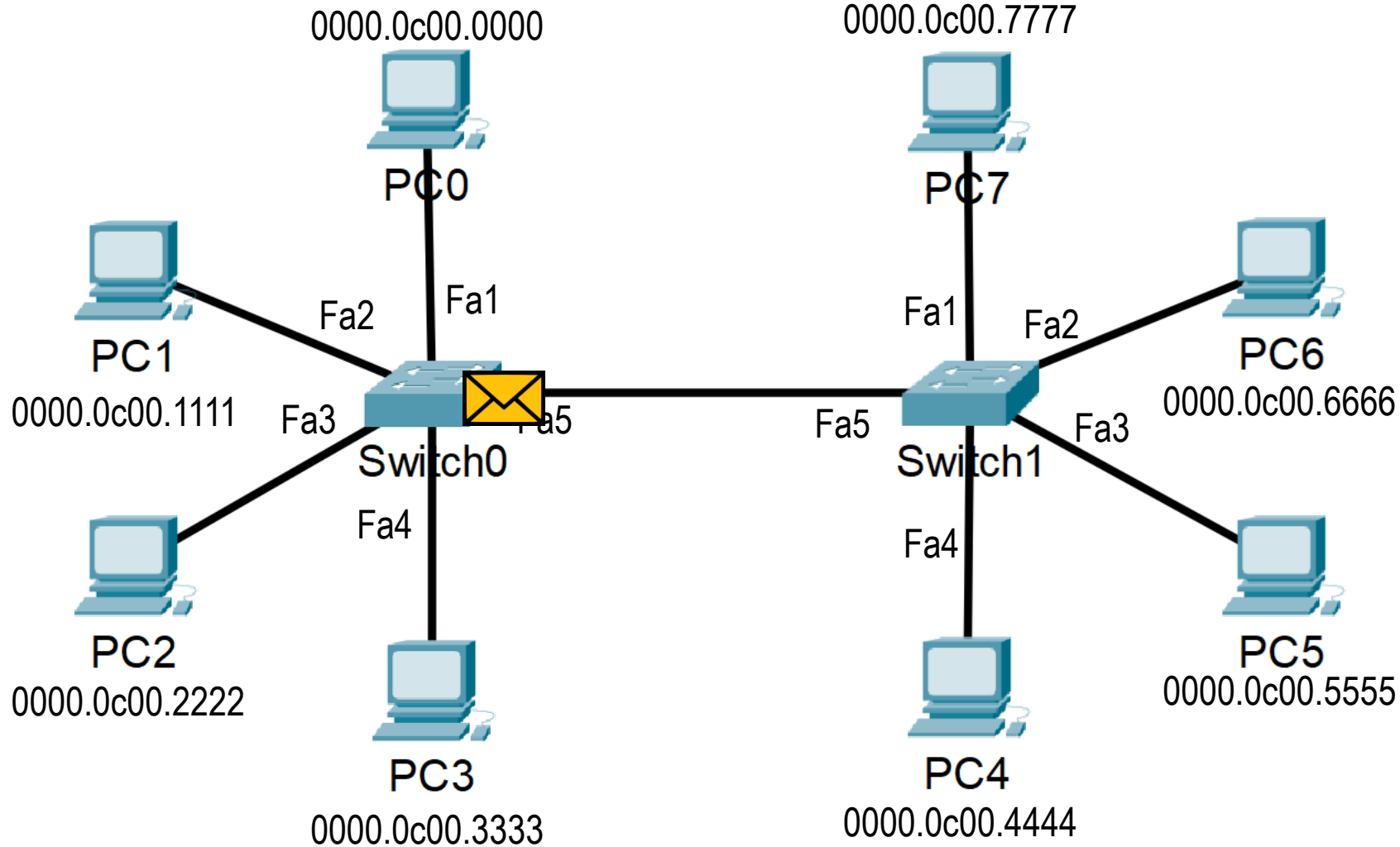
# Hogyan jut el egy frame a feladótól a címzettig?

A Switch0 dinamikusan megtanulja, hogy a PC0 a Fa1 physical interface-en van (új bejegyzést vesz fel a táblába).



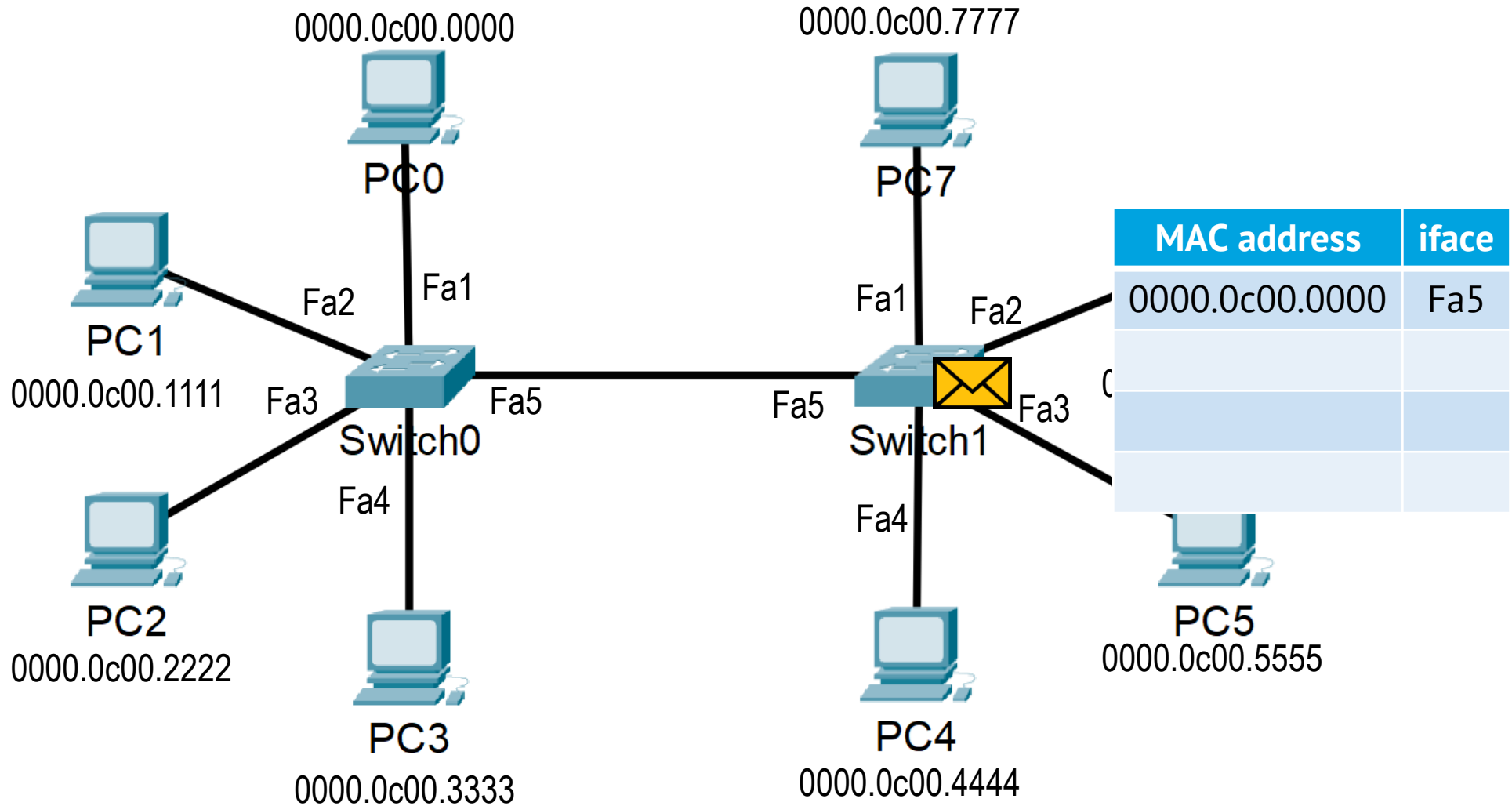
# Hogyan jut el egy frame a feladótól a címzettig?

A Switch0 továbbra sem tudja, hogy merre kell továbbítani az üzenetet. Azt gondolva, hogy úgyis csak a címzett olvassa majd azt el, lemásolja azt, és mindenki felé kiküldi.



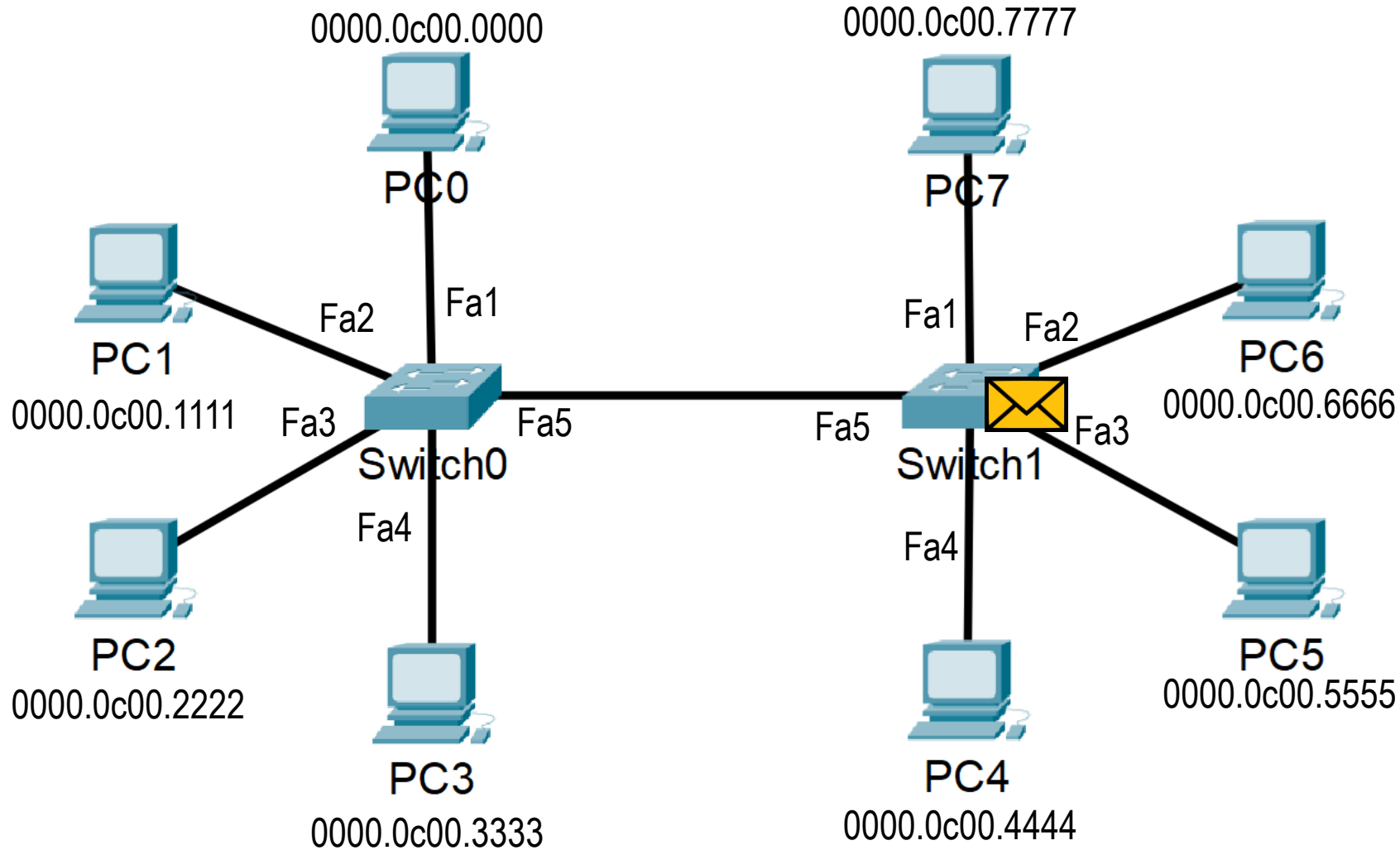
# Hogyan jut el egy frame a feladótól a címzettig?

A Switch1 is dinamikusan megtanulja, hogy a PC0 a Fa5 physical interface-en keresztül érhető el (új bejegyzést vesz fel a táblába).



# Hogyan jut el egy frame a feladótól a címzettig?

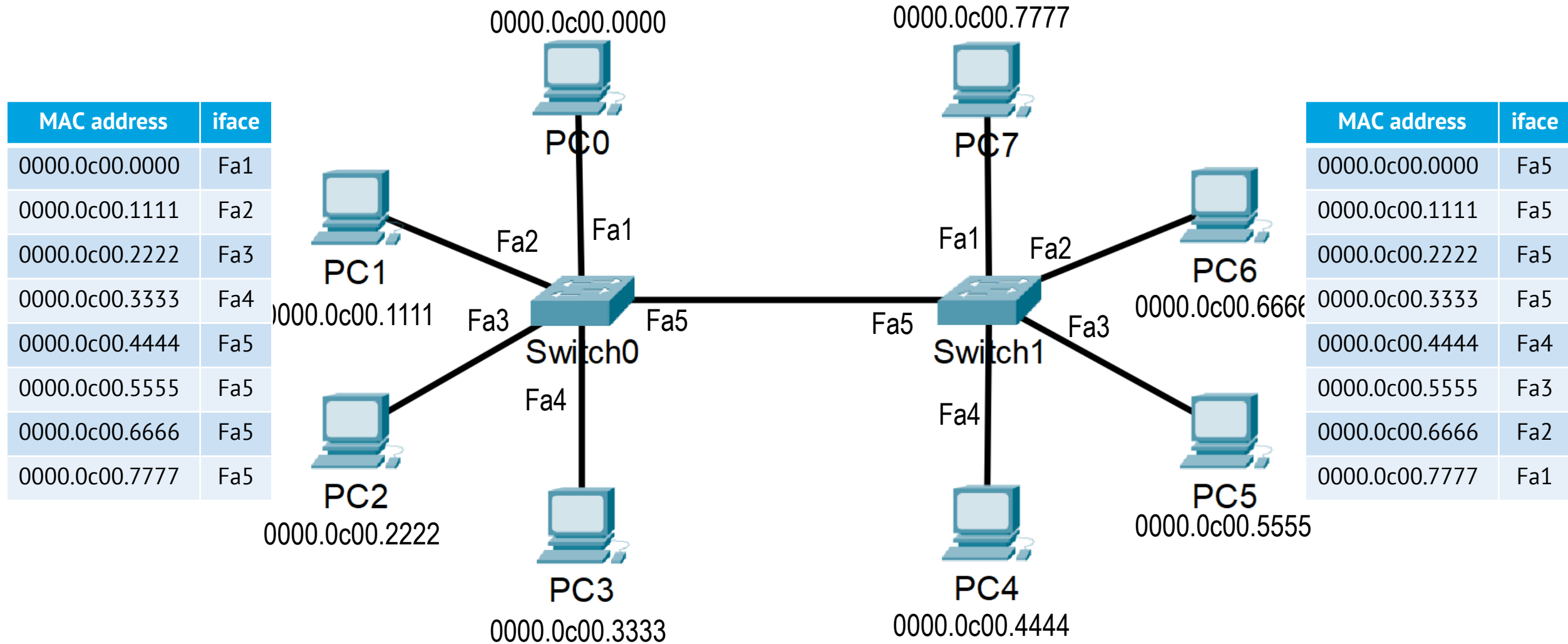
A Switch1 sem ismeri, hogy merre van a PC5. Ez a switch is lemásolja és továbbítja az üzenetet mindenki másnak. Így a frame végre eljut a PC5-höz (a többiek eldobják).





# Hogyan jut el egy frame a feladótól a címzettig?

A hálózat folyamatos használata során feltöltődnek a MAC address táblák, a frame-ek célba juttatásához kevesebb fölöslegesen kiküldött üzenet kell.



# Data link layer forgalomirányítás



Mindaddig nincs baj, amíg a hálózat változatlan.

## Nehézséget okoz viszont...

- új eszköz csatlakozása – ezt is meg kell majd tanulni,
- meglévő eszköz átcsatlakozása máshova – az eddigi tudásunk tévútra vezet,
- meglévő eszköz lecsatlakoztatása – hiába hisszük, hogy ott van, mert nincs.

A MAC címekkel való címezés csak azt mondja meg, hogy **kicsoda** a címzett, azt nem, hogy **merre** keressük.

# #02/5 – Összefoglalás

- Fogalmak**    MAC address-table  
dynamic és static bejegyzések
- Elvek**        Frame-ben szereplő feladó címének tanulása  
Ismeretlen továbbítási útvonal esetén broadcast  
MAC address-table bejegyzések öregedése (és miért)

# **#02/6 – Point-to-Point Protocol data link layer**

Feladata az adat linken való átvitele két szomszédos eszköz között.

*Tipikusan ennek a rétegnek a feladata:*

- megoldani, hogy a frame-ek el legyenek különítve egymástól,
- megoldani, hogy az adat épségben kerüljön átvitelre,
- megoldani, hogy az adatot az (is) kapja meg, akinek szánták.

# Point-to-Point Protocol

## 1979: High-Level Data Link Control (HDLC) Protocol

Korai protokoll, busz topológiájú hálózatot is támogat, elavul...

## 1984: Point-to-Point Protocol (PPP)

Sun munkahelyek ARPANET-hez való csatlakoztatására találták ki.

Csak point-to-point összeköttetéseket támogat.

Szempont volt, hogy a frame szerkezet hasonlítson a HDLC-hez.

# PPP frame



A PPP frame formátuma a következő:

flag 1 byte	address 1 byte	control 1 byte	protocol 1-2 byte	data max. 1500 byte	FCS 1-2 byte	flag 1 byte
----------------	-------------------	-------------------	----------------------	------------------------	-----------------	----------------

- **flag**            01111110   speciális jelzés, a frame elejét és végét jelöli
- **address**        HDLC-ből örököltük; PPP esetén értéke 11111111 (mindenkinek szól)
- **control**         HDLC-ből örököltük; PPP esetén értéke 00000011 (számozatlan frame)
- **protocol**        milyen protokoll szerinti adat van a data mezőben
- **data**            a szállítandó adat, escape-elve
- **FCS**             *Frame Check Sequence* – ellenőrző összeg

# Byte stuffing

A frame-et a 01111110 sorozat indítja és zárja.

Ha az adatban is van ilyen sorozat, az baj: a fogadó oldal azt hinné, hogy itt a frame vége.

## Megoldás

Ki kell cserélni az adatban lévő 01111110 sorozatot valami másra, és jelezni kell, hogy ki lett cserélve.



# Byte stuffing

## A csere általános szabálya:

Ha a byte értéke **01111110**, akkor helyettesítjük ezt a **01011110** értékkel.

Azért, hogy jelezzük a cserét, a byte elé begyömöszöljük (stuff) a **01111101** jelzőbyte-ot.

*Tehát például:*

eredeti adat:                      00000111 **01111110** 01010101

végző adat:            00000111 **01111101** **01011110** 01010101

A fogadó oldal felismeri a **01111101** jelzőbyte-ot, és az utána lévő byte-ot visszaalakítja.

# Byte stuffing

**Mi van akkor, ha az adatban a jelzőbyte értéke fordul elő? Ezt is cseréljük!**

Ha a byte értéke **01111101**, akkor helyettesítjük ezt a **01011101** értékkel.

Azért, hogy jelezzük a cserét, a byte elé begyömöszöljük (stuff) a **01111101** jelzőbyte-ot.

*Tehát például:*

eredeti adat:                   00000111 **01111101** 01010101

végző adat:       00000111 **01111101** **01011101** 01010101

A fogadó oldal felismeri a **01111101** jelzőbyte-ot, és az utána lévő byte-ot visszaalakítja.

# PPP állapotok

A PPP frame-ben lehet:

- a PPP-t vezérlő üzenet,
- a felettes réteg felé továbbítandó adat.

Az érdemi adatátvitel előtt a kapcsolatot vezérlőüzenetekkel fel kell építeni.

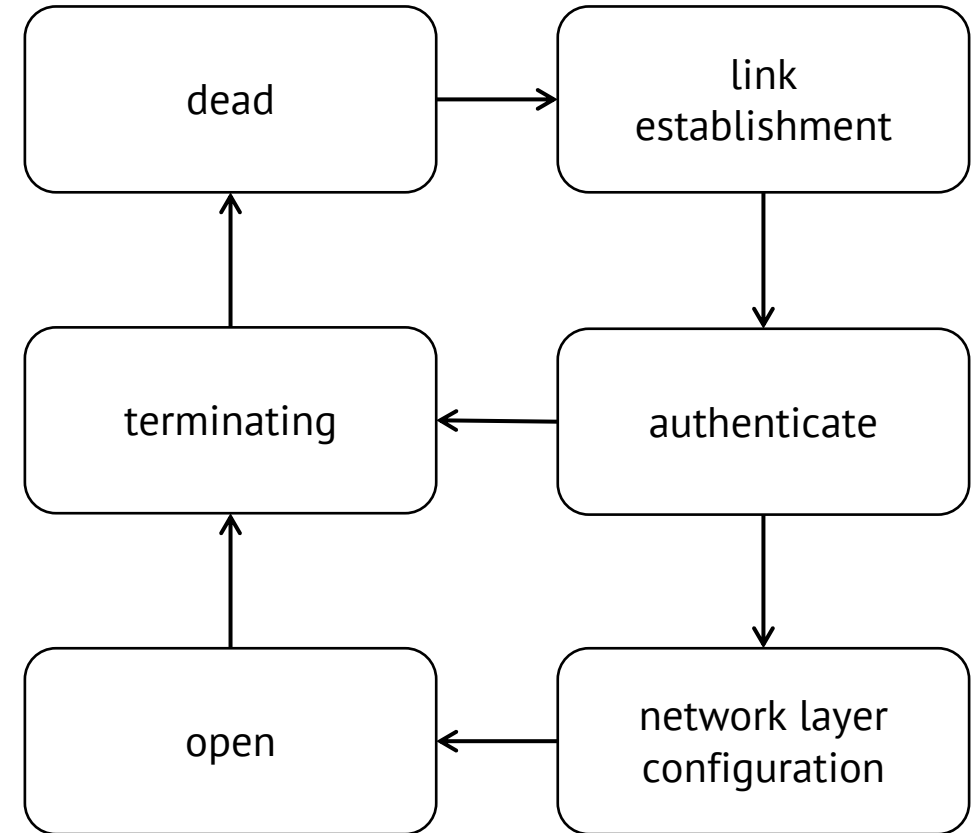
# PPP állapotok

## 1. Dead

„Halott” állapot, nincs kapcsolat.

*Átmenet a következő állapotba:*

Akkor, ha bedugják a kábelt  
(érezékeljük a fizikai összeköttetést)



# PPP állapotok

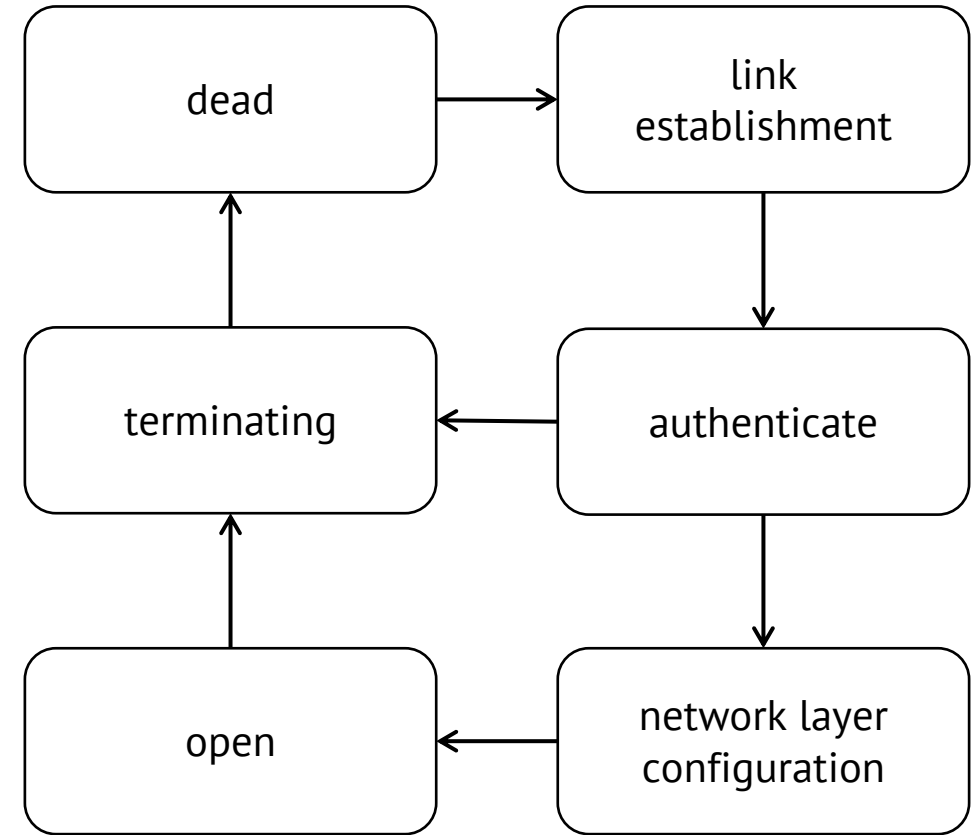
## 2. Link establishment

Az eszközök vezérlőüzeneteket váltanak:

- mennyi a max frame méret,
- elhagyják-e az address és control mezőket,
- milyen autentikáció legyen

*Átmenet a következő állapotba:*

A sikeres megegyezést követően.

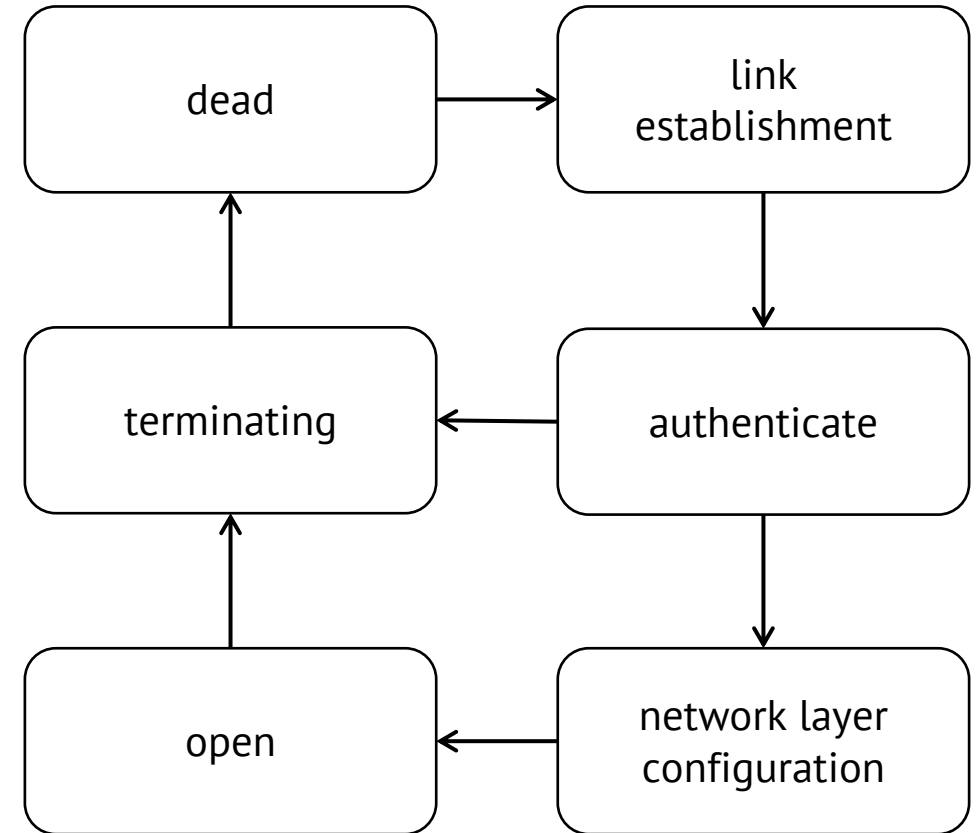


# PPP állapotok

## 3. Authenticate

Megtörténik az azonosítás az előbbi lépésben választott protokoll szerint.

*Siker* esetén következik a hálózati réteg beállítása,  
*Kudarca* esetén lezárjuk a kapcsolatot.

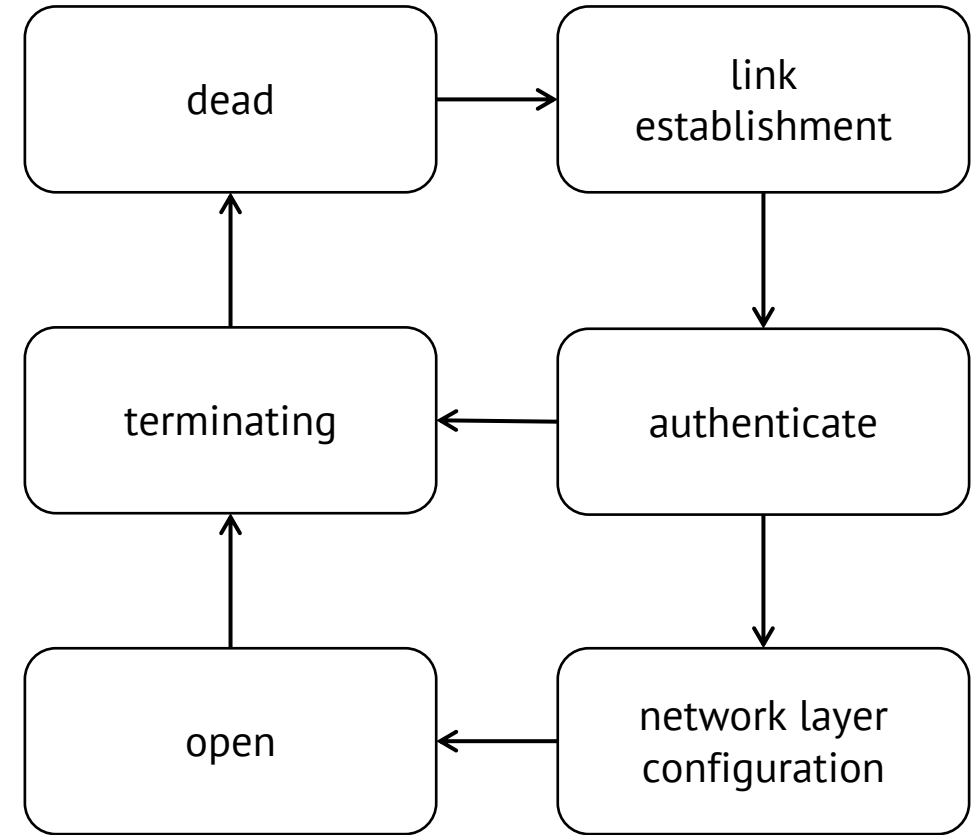


# PPP állapotok

## 4. Network layer configuration

További vezérlőüzenetek révén konfiguráljuk a magasabb rétegeket.

Ezt követően a kapcsolat élő (open) állapotba lép.



# PPP állapotok

## 5. Open

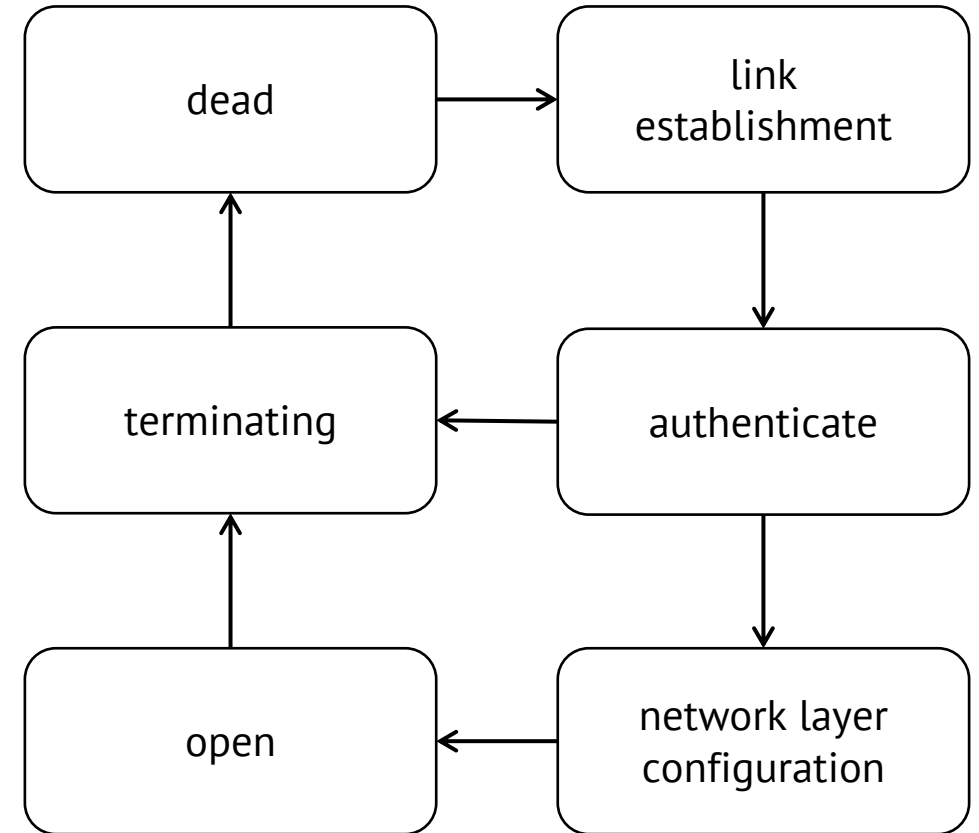
„Élő” állapot, a kapcsolat működik, lehetőség van az adatok átvitelére.

A kapcsolat egy terminate-request vezérlőüzenet küldésével bontható el. Ha ilyen üzenet érkezik, akkor átlépünk a terminating állapotba.

## 6. Terminating

A fogadó fél visszajelez, hogy vette a bontási szándékot, és ő is elbontja a kapcsolatot.

Visszajutottunk a dead állapotba.







A PPP az élő kapcsolat engedése előtt azonosítást követel meg a most belépő eszköztől.

Nem lehet „csak úgy rádugni” valamit a hálózatra.

Azonosítási módok:  
**PAP, CHAP**

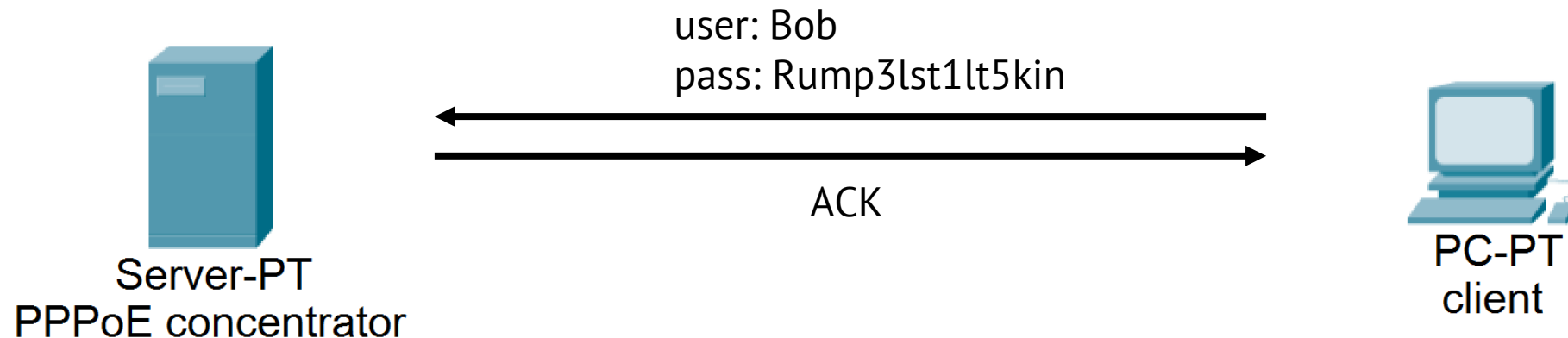


# PPP azonosítási protokollok

## Password Authentication Protocol (PAP)

Kétlépéses folyamat:

- az imént csatlakoztatott eszköz elküldi a kódolatlan azonosítóját és jelszavát
- a csatlakozást fogadó eszköz válaszol, hogy rendben van-e.



Nem biztonságos: lehallgatható, felvehető és visszajátszható

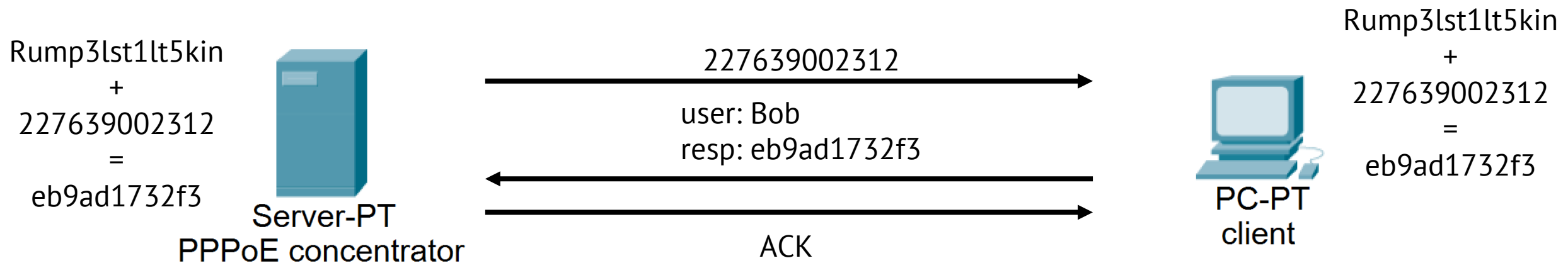


# PPP azonosítási protokollok

## Challenge-Handshake Authentication Protocol (CHAP)

Háromlépéses folyamat:

- a csatlakozást fogadó eszköz elküld egy random számot az azonosítandó eszköznek,
- a csatlakozni kívánó eszköz a számból és a jelszóból választ alkot, ezt küldi vissza,
- a csatlakozást fogadó eszköz kiszámolja ugyanezt, ha a kettő egyezik, akkor rendben.



Biztonságosabb: lehallgatható, de egy következő alkalommal más lesz a random szám és így más lesz a helyes válasz is.

# #02/5 – Összefoglalás

**Fogalmak**    Byte stuffing

**Eljárás**        PPP kapcsolat építése és bontása

- állapotok
- átmenetek
- azonosítási eljárások PAP, CHAP

**Képesség**    A PPP frame szerkezet leírásának megtalálása, értelmezése

# **#02/7 – PPP over Ethernet**

# Miért van erre szükség?

Azért, mert...

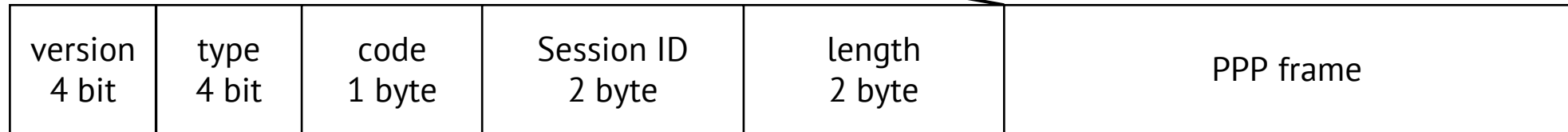
- PPP fizikai réteg?
- nem csak egy helyről akarom használni a hálózatot,
- gyorsaság, megbízhatóság,
- autentikációt szeretnék az Ethernet kapcsolatomba.

# Frame a frame-en belül a frame-ben

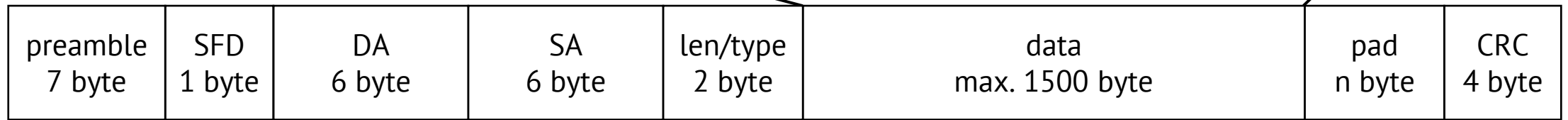
## PPP frame



## PPPoE frame



## Ethernet frame



# PPPoE frame



A PPPoE frame formátuma a következő:

version 4 bit	type 4 bit	code 1 byte	Session ID 2 byte	length 2 byte	PPP frame
------------------	---------------	----------------	----------------------	------------------	-----------

- **version** a PPPoE verziószáma (mindig 0001)
- **type** a PPPoE típuszáma (mindig 0001)
- **code** a frame tartalmának típusát adja meg (lásd később)
- **Session ID** a PPP munkamenet azonosítója
- **length** a PPP frame hossza
- **PPP frame** maga a PPP frame, amit a PPP réteg állított elő



# PPPoE állapotok

## PPPoE discovery

Mivel az Ethernet nem feltétlenül point-to-point összeköttetés, ezért először a két PPP-t akaró eszköznek meg kell találnia egymást a hálózaton.

A felderítés során megismerik egymás MAC címét.

## PPP session

Ha a MAC címek már ismertek, akkor indulhat a kapcsolat PPP szerinti felépítése.



# PPPoE Active Discovery (PAD)

## Négylépcsős folyamat:

- |         |                        |  |
|---------|------------------------|--|
| 1. PADI | (Initiation)           | → Kinek van egy tolla?                 |
| 2. PADO | (Offer)                | ← Nekem van! ← Én is tudok adni egyet! |
| 3. PADR | (Request)              | → Tőled kérek akkor egyet.             |
| 4. PADS | (Session-confirmation) | ← Tessék, itt van.                     |

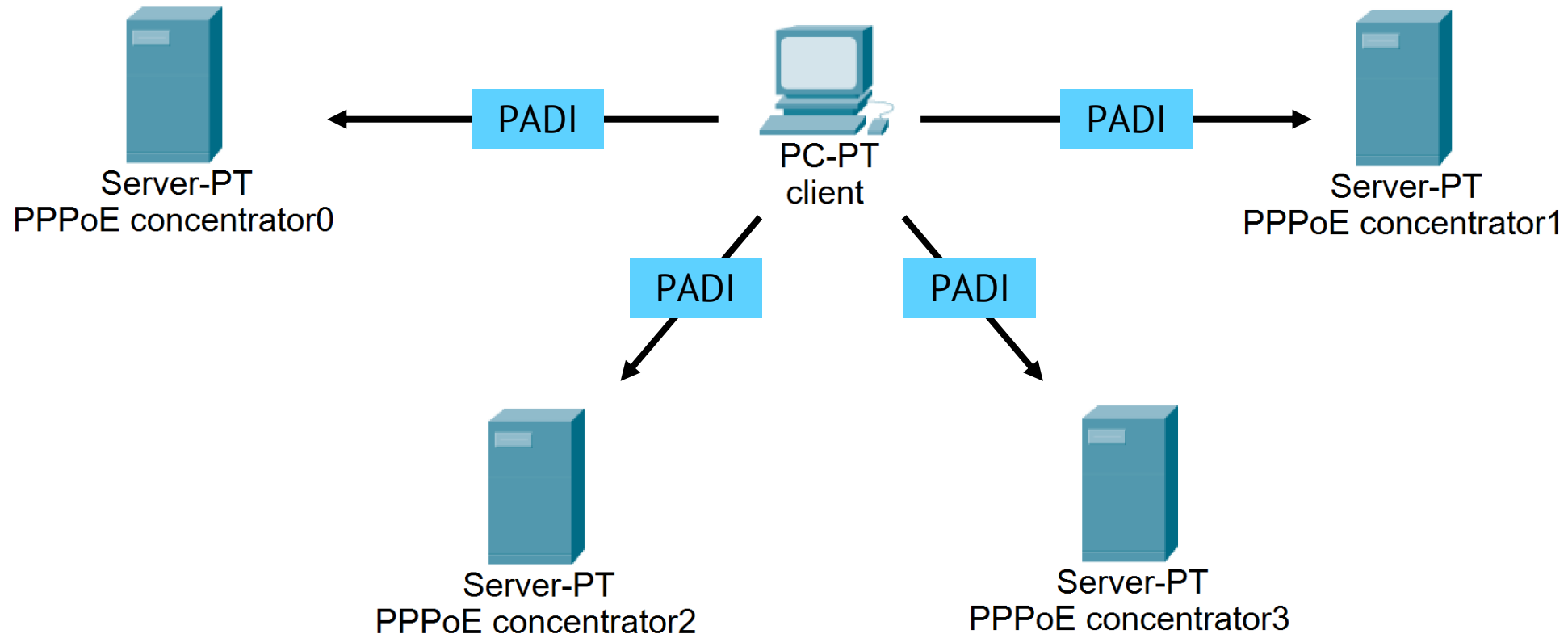
A folyamat a kapcsolódni kívánó eszköz (**client**) és a kapcsolatot fogadó eszköz (**concentrator**) között fog lezajlani.

Egy Ethernet hálózaton több concentrator is kínálhat PPP kapcsolatot.

# PADI

## PPPoE Active Discovery Initiation – „Kinek van egy tolla?”

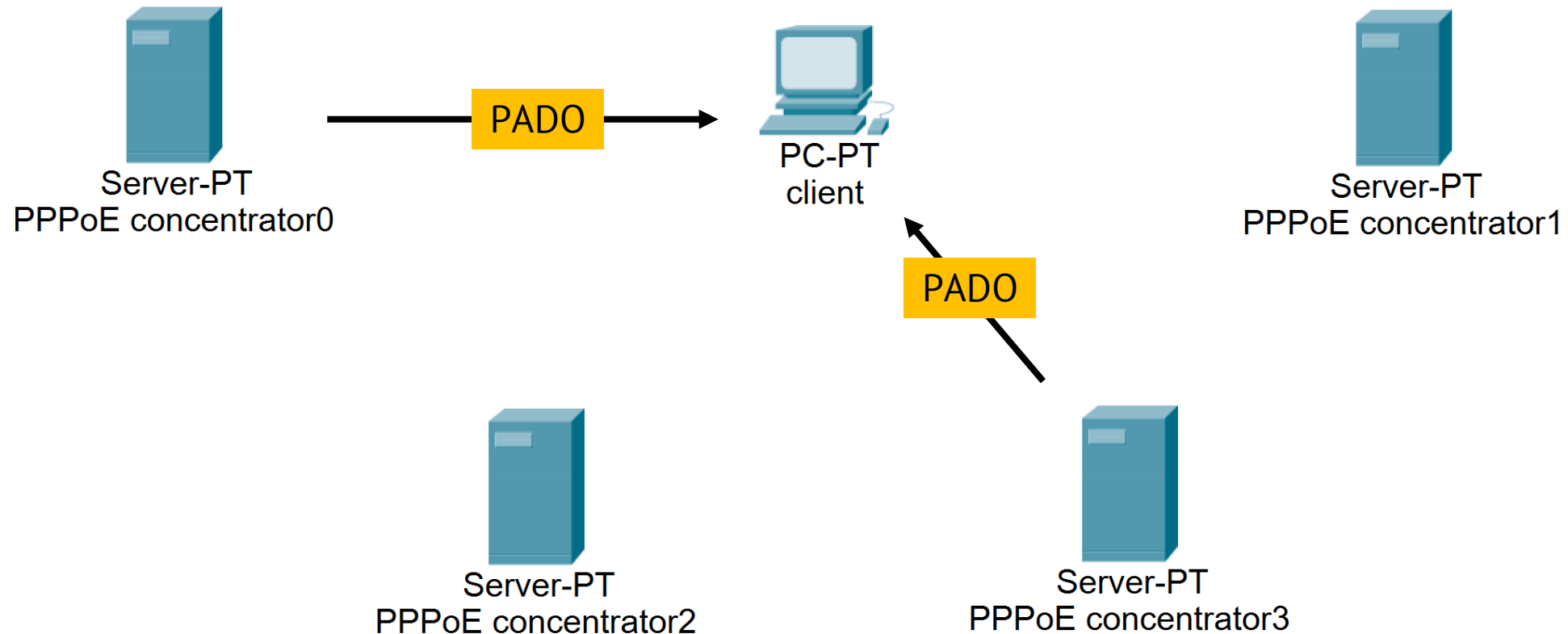
A client PPPoE kapcsolatot indítana. Nem ismeri a másik fél MAC címét.  
Broadcast Ethernet üzenetet küld.



# PADO

## PPPoE Active Discovery Offer – „Nekem van!”

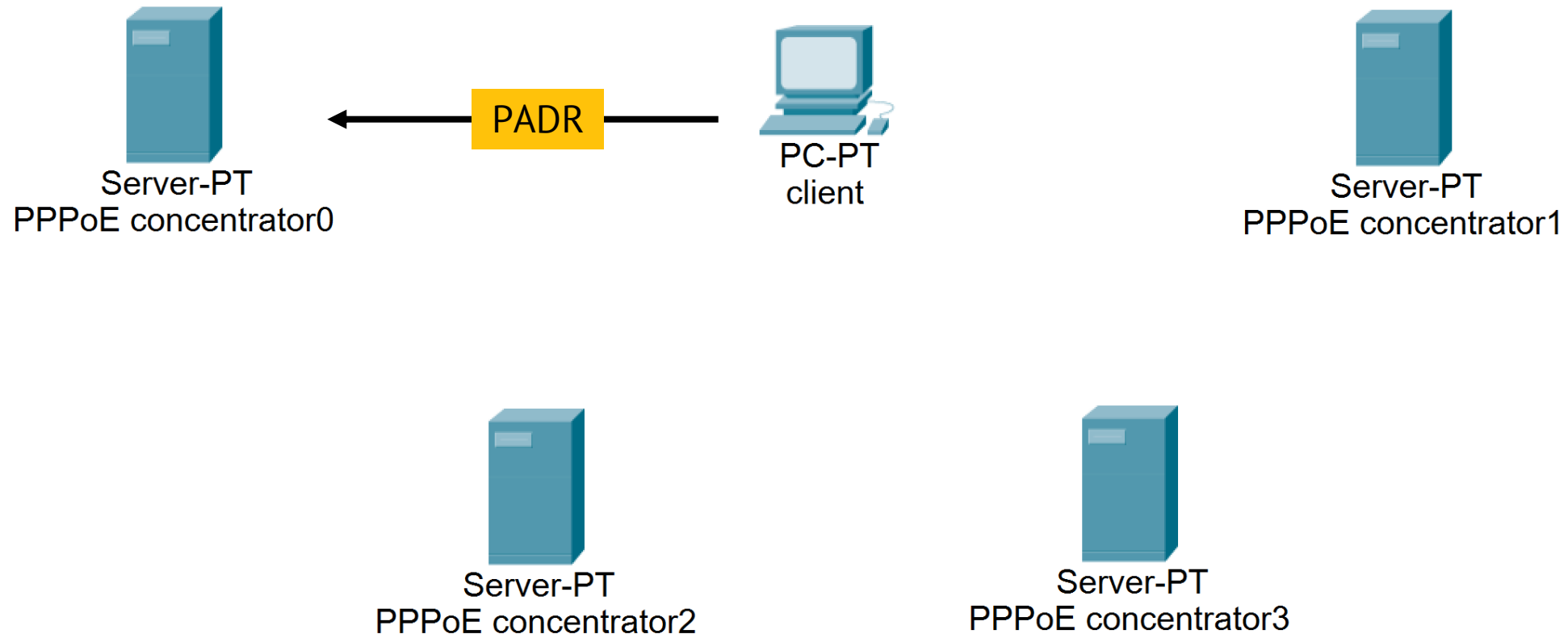
Válaszol az összes olyan concentrator, aki hallotta a kérést és ajánlatot akar tenni. Ők már unicast Ethernet üzenetet küldenek.



# PADR

## PPPoE Active Discovery Request – „Tőled kérek akkor egyet!”

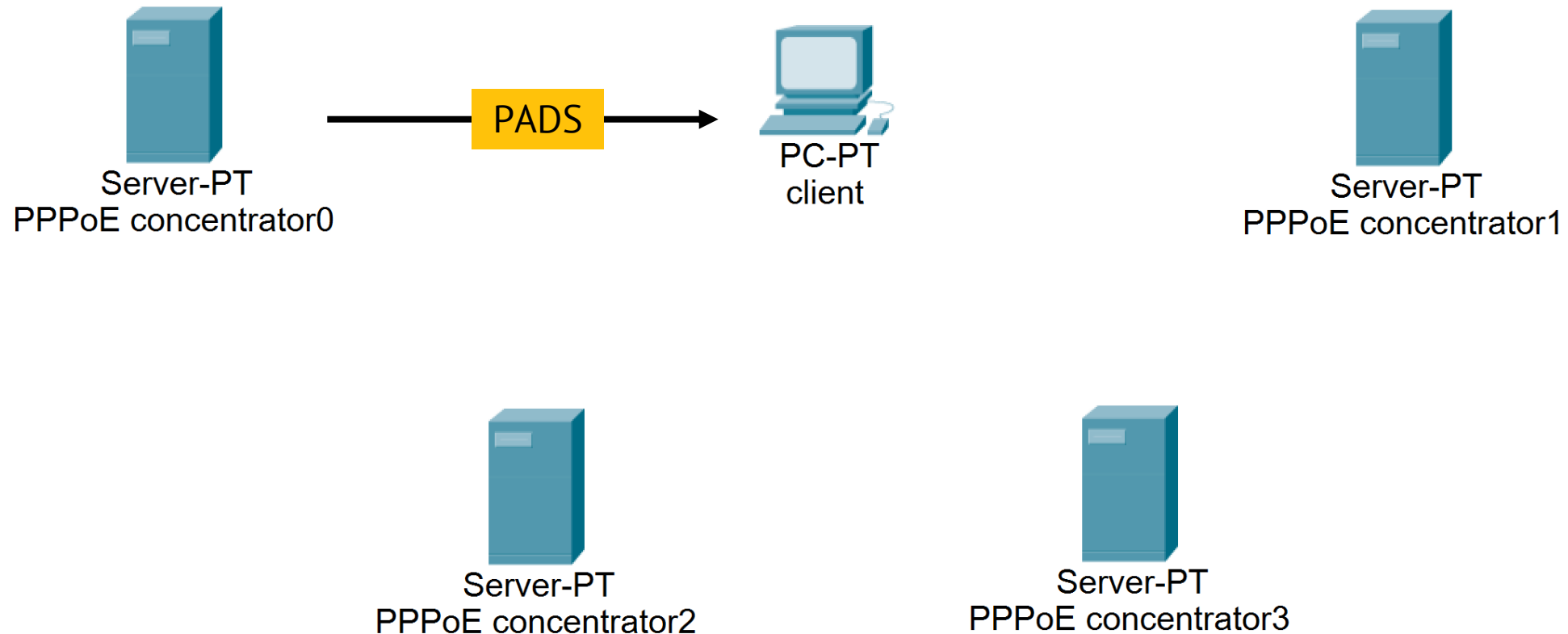
A felkínált lehetőségek közül a client eldönti, hogy kivel szeretne kapcsolatot kiépíteni. Unicast üzenetet küld a kizemelt koncentratornak.



# PADS

## PPPoE Active Discovery Session-confirmation – „Tessék, itt van.”

A kifejezett kérésre a concentrator elküldi a most induló PPP session azonosítóját.  
A PPP kapcsolat kiépítése ezt követően jön létre.



# PPPoE Session

A sikeres PAD folyamat után indul a PPPoE Session.  
A PPP szerinti kapcsolatépítés ezt követően kezdődik el.

A PPP szinten bontott kapcsolat PPPoE szinten való elbontásához PADT (Terminate) üzenetet kell küldeni.

## #02/6 – Összefoglalás

<b>Elvek</b>	Frame-ek egymásba ágyazása
<b>Eljárások</b>	PPPoE discovery lépései
<b>Képesség</b>	A PPPoE frame szerkezet leírásának megtalálása, értelmezése



# VÉGE



## PÁZMÁNY

Pázmány Péter Katolikus Egyetem  
**Információs Technológiai és Bionikai Kar**