

# **Számítógép-hálózatok Bevezetés, hálózati architektúra, rétegek**

**2025/2026. tanév, I. félév**

**Dr. Kovács Szilveszter**

**E-mail: [szilveszter.kovacs@uni-miskolc.hu](mailto:szilveszter.kovacs@uni-miskolc.hu)**

**[www.iit.uni-miskolc.hu/~szkovacs](http://www.iit.uni-miskolc.hu/~szkovacs)**

**Informatika Intézet 107/a.**

**Tel: (46) 565-111 / 21-07**

# Számítógéphálózat

- **Számítógéphálózat:**

**Autonóm számítógépek összekapcsolt hálózata**

- Nem alárendelt kapcsolat (pl. számítógép-periféria)
- Tetszőleges kommunikációs alrendszer kötheti össze őket (elektronikus információcsere)

- **Az elosztott rendszer (a hálózattal szemben):**

Egyetlen virtuális rendszer, melynek elemei együttműködnek egy feladat megvalósítása érdekében

- Az egyes elemek konkrét helye, funkciói el vannak rejtve
- Implementálható számítógép-hálózatra is

# A hálózat célja

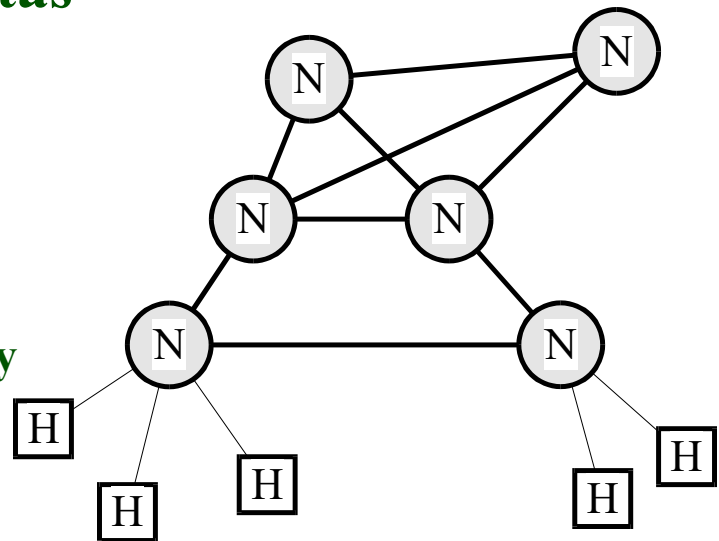
- **Erőforrás összevonás/megosztás**
  - Minden erőforrás a fizikai helyétől függetlenül bárki számára elérhető legyen
- **Megbízhatóság növelés**
  - Több azonos funkciójú erőforrás, redundancia, adatbiztonság,
- **Gazdaságosság növelés**
  - Pl. egy drága szupergép helyett több, kisebb, olcsóbb – GRID computing, felhő számítás
- **Új (speciális) szolgáltatások: a kommunikáció**
  - Pl. e-mail, chat

# Kiterjedés szerinti osztályozásuk

- **Lokális számítógép-hálózat (LAN)**
  - régen:  $\approx 0\text{-}1$  km, szoba-épületcsoport, kis távolság, nagy sebesség, ma: akár több km – Campus hálózat
- **Városi számítógép-hálózat (MAN)**
  - $<10$  km, közepes táv, közepes sebesség
- **Nagytávolságú-hálózat (WAN):**
  - kontinensekre, nagytáv, régen: közepes, vagy kis sebesség
- **Összekapcsolt nagytávolságú hálózat**
  - bolygóra kiterjedő
- **A sebességhatárok elmosódnak! LAN-MAN –WAN, ma már mind több Gbps nagyságrendű (optika DWDM)**
- **Local, Metropolitan, Wide Area Network**

# Hálózati struktúrák

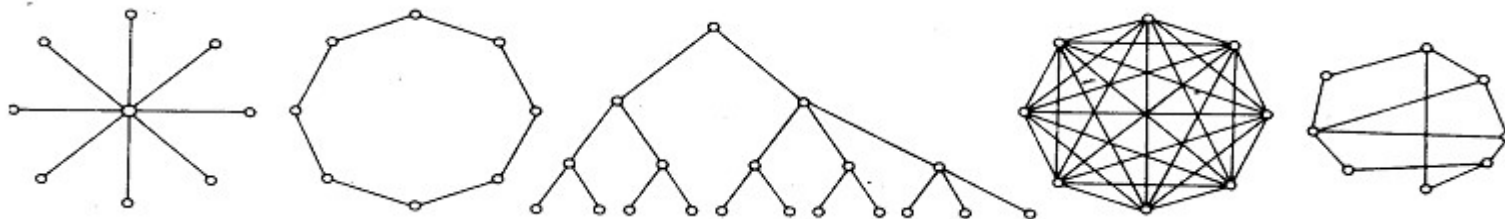
- A számítógéphálózat gazdagépeket (Host) összekötő kommunikációs hálózat (Communication Network)
- Célja: Hosztok közötti üzenettovábbítás
- Elemei:
  - Átviteli vonalak – csatornák (channels)
  - Kapcsolóelemek
    - Interface Message Processor (IMP), vagy
    - Csomag (vonal) kapcsoló csomópont, vagy
    - Csomópont (Node)
- Kapcsolóelemek (node)
  - Olyan számítógép (~Host), amely több átviteli vonalhoz is kapcsolódik.
  - Feladata az üzenetek (ill. csomagok (packet) üzenet elemek) továbbítása (forgalomirányítás)



# A hálózatoknak két nagy csoportja van

## Pont-pont közötti kapcsolatokból felépülő

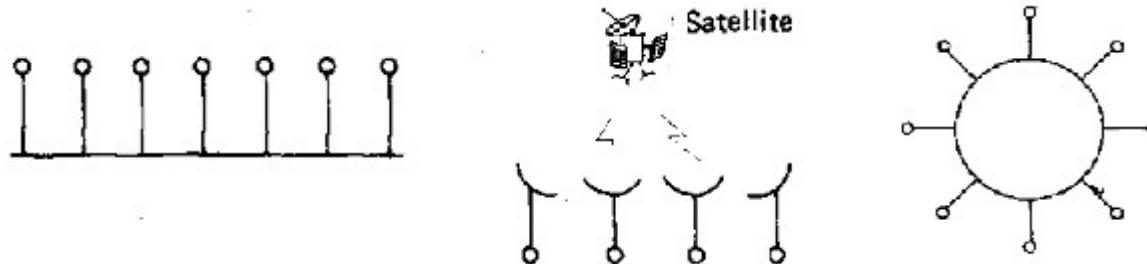
- Topológiák: csillag, gyűrű, fa, teljes, szabálytalan
- **Egy csatornán mindig két csomópont kommunikál.**
- Általában nagy távolságok, WAN, MAN (ma már LAN is (UTP))
- Az üzeneteket (csomagokat) a csomópontok tárolják és továbbítják (store and forward) az új irányba. Más néven csomagkapcsolt-hálózat (packet switched).



# A másik csoport

## Üzenetszórásos csatornára épülő hálózat (Broadcast Channel)

- Egyetlen csatorna, amin az összes csomópont osztozik.
- Egy csomópont által feladott csomagot az összes többi veszi.
- Csomagon belül címmező: címzett, feladó
  - a címzettből tudják, hogy kinek szól (a többi eldobja), (azonosítás a címmező alapján) – (unicast).
  - Speciális címek
    - Valamennyi gépnek szóló üzenet (broadcast)
    - Csoport cím (multicast)
- Topológiák: sín, műhold vagy rádiós, gyűrű.
- Tipikusan LAN vagy rádiós hálózat

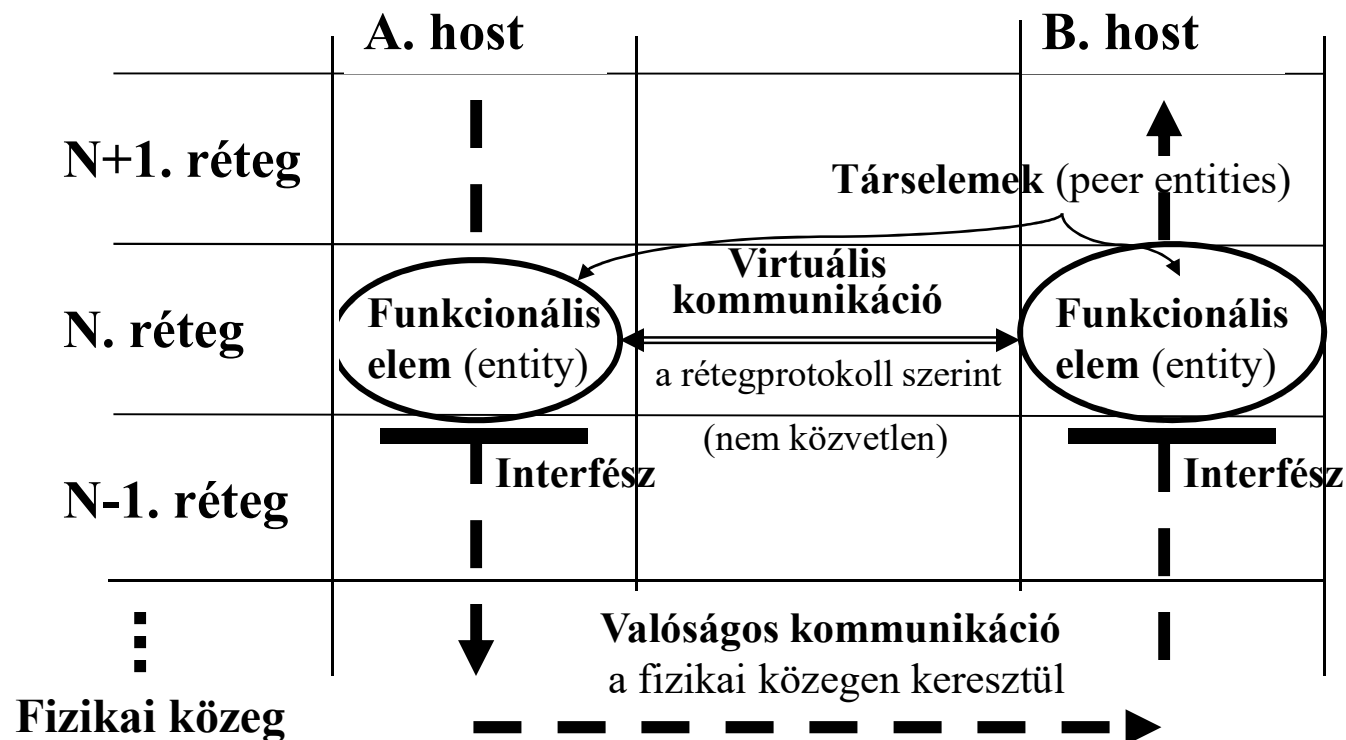


# Üzeneszórásos csatorna

- **Gond: Egyszerre csak egy állomás adhat**
  - csatorna kiosztási probléma.
- **A csatornakiosztás lehet**
  - **Statikus**
    - pl.: ciklikus multiplexálás (kiválasztás), (pl.: round robin)
    - **Gond: ha nincs adnivaló → kihasználatlan csatorna.**
  - **Dinamikus**
    - **csak azok versenyeznek, akik adni akarnak** (jobb csatornakihasználtság).
    - **Lehet:**
      - **centralizált** (központosított):  
egy arbitrációs (ütemező) egység dönti el, hogy ki a következő.
      - **decentralizált** (elosztott): minden állomás maga dönt,  
hogy adhat-e (elosztott algoritmus)

# Általános hálózati architektúra

- Az egyszerűbb (strukturált) tervezés érdekében a számítógép-hálózatokat rétegekbe (layers) szervezik.
  - Hálózati architektúra: rétegek és protokollok halmaza



# Hálózati architektúra

- **Réteg:**
  - Jól definiált szolgáltatásokat nyújt a felette lévő rétegnek
  - Elrejtí a szolgáltatások megvalósításának részleteit („fekete dobozos” tervezés)
- **Interface:**
  - Az alsóbb réteg által a felsőnek nyújtott elemi műveletek és szolgálatok definíciója
  - (Az interfészen keresztül (le és fel) vezérlő információk és adatok adódnak át)
- **Funkcionális elem (entity):**
  - Az adott réteg funkcióinak megvalósítása
  - A funkcionális elem a réteg alatt és felett lévő szolgáltatásokat köti össze.

# Társelemek

- **Társelemek (peer entities):**
  - A különböző gépeken egymásnak megfelelő rétegben lévő funkcionális elemek.
- **Virtuális kommunikáció:**
  - A társelemek kommunikációja
- **Fizikai kommunikáció:**
  - A rétegek közötti interfészeken keresztül lefelé, ill. felfelé adat és vezérlő információk átadása
    - Ha az egyik gép n. rétege egy másik gép n. rétegével kommunikál az virtuális kommunikáció míg, a valós kommunikáció ui. a fizikai rétegben történik).
- **Protokoll:**
  - A kommunikáció során használt szabályok és konvenciók összessége.

**PL:** (többszintű kommunikáció)

Két filozófus kommunikálni kíván (3. réteg). Helyük: Kenya, Indonéza; Nyelvük: szuhaéli, indonéz

Réteg protokolljuk: felváltva mondatokat cserélnek.

3/2 IF: szóban/ szuhaéli, papíron/ indonéz (itt a nyelv IF protokoll).

2. réteg: tolmácsok; Réteg protokolljuk az angol nyelv (mire miről fordít).

2/1 IF: szóban, papíron.

1. réteg: Technikusok. Fizikai protokolljuk: telex (hogyan ad, fogad).

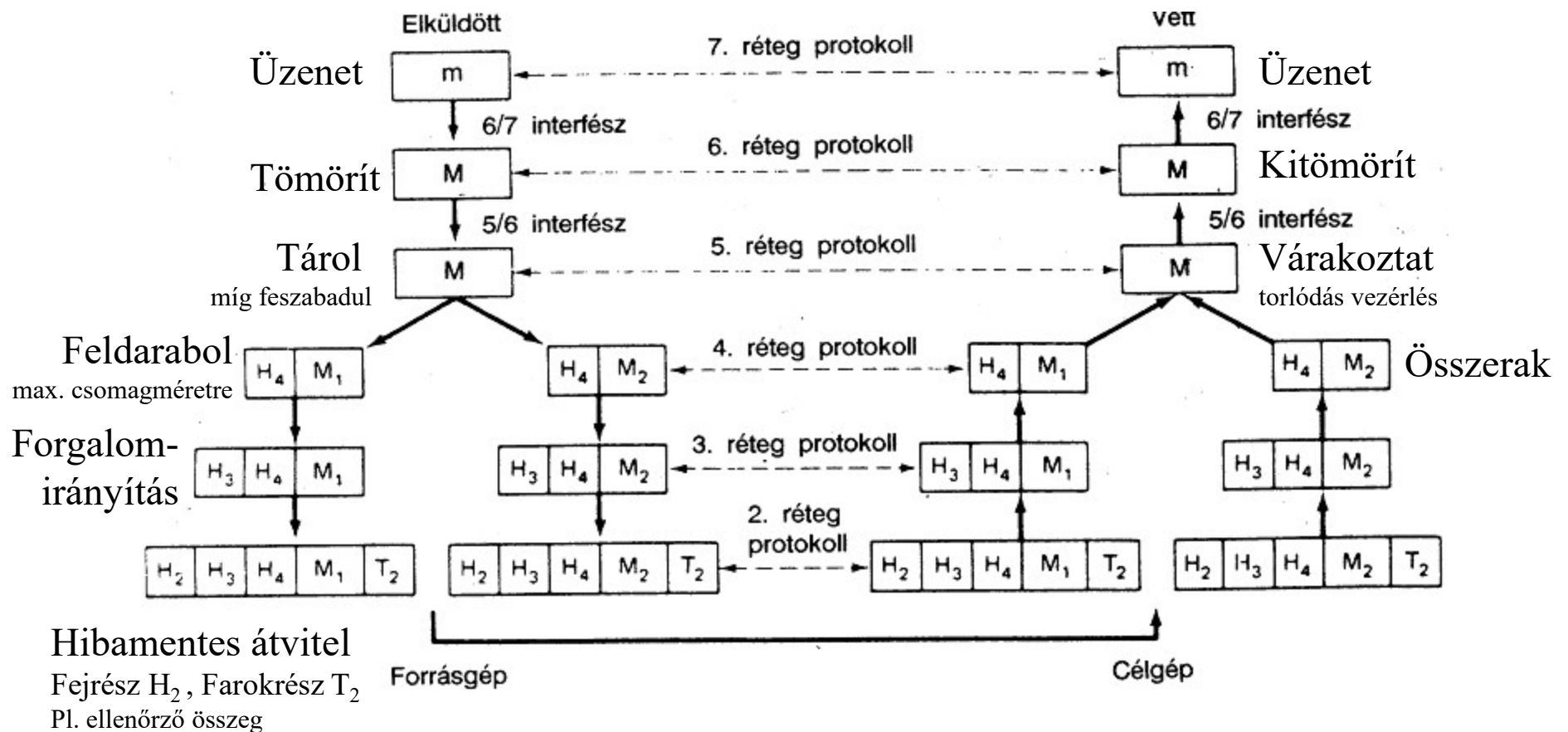
Miért jó a rétegezettség?

Pl, bármelyik szint protokollja, vagy interfésze változhat úgy, hogy az a felettes rétegeket nem befolyásolja.

# Hálózati architektúra

- Rétegek és protokollok halmaza
- Elegendő információ az implementáláshoz
- Nem része sem a részletes implementáció, sem az interfészek specifikációja (a konkrét implementáció során tervezői döntés).

# Hálózati architektúra



- Minden rétegben lehet kapcsolat-felépítési és -lebontási mechanizmus
- Az adatátvitel iránya lehet: szimplex, félduplex, duplex

# Az ISO-OSI hálózati referencia modell

- **Nemzetközi Szabványügyi Szervezet**  
(International Standards Organization: **ISO**)  
ajánlása:

**Nyílt rendszerek összekapcsolása hivatkozási  
(referencia) modell  
(Open System Interconnection: OSI)**

- **A referencia modell: 7 rétegű struktúra**  
Az OSI modell nem hálózati architektúra!  
Nem határoz meg konkrét protokollokat,  
szolgáltatásokat az egyes rétegekben.  
Csak funkciókat határoz meg.

# ISO/OSI rétegek kialakítása

- **A rétegek kialakításának szempontjai:**
  - A rétegek különböző absztrakciós szinteket képviseljenek  
és jól definiált feladatokat hajtsanak végre
  - A feladatok megválasztásakor szabványokat teremtsenek
  - **Minimális információ csere** a rétegek között
  - **Rétegek száma**  
(nem túl sok – egyszerű,  
nem túl kevés – egy rétegbe kevés feladat kerüljön)

# Az ajánlott 7 réteg

- 7: Alkalmazási réteg (Application layer) – széles körben igényelt protokollok (pl. fájl átvitel, mail, virtuális terminál)**
- 6: Megjelenítési (Presentation layer) – kód konverzió, titkosítás, tömörítés (adatformátum kezelés)**
- 5: Viszonyréteg (Session layer) (pl. párbeszéd szervezése, szinkronizáció, kölcsönhatás menedzselés)**
- 4: Szállítási réteg (Transport layer) (end-to-end kapcsolat biztosítása nagy hálózaton)**
- 3: Hálózati réteg (Network layer) – útvonal kiválasztás**
- 2: Adatkapcsolati réteg (Data Link layer) – adategységek továbbítása, hibaellenőrzés, behatárolás, javítás (biztosítsa a közeghozzáférést, csatornamegosztás (ha kell))**
- 1: Fizikai réteg (Physical layer) – fizikai közeghez kapcsolódik (biztosítsa a bitfolyam átvitelét)**

# Alapfogalmak

- **Protokoll**
  - Szabályok halmaza, melyek két szeparált elem (entitás) közötti adatcserét szabályozzák (ugyanazon "nyelv" használata!)  
PL. Konvenciók a kommunikáció tárgyáról, hogyanjáról stb.  
**A protokolloknak van szintaxisa, szemantikája**
  - Réteg protokoll
    - a társ-entitások közötti (peer-entities) protokoll
- **Interfész**
  - Két réteg között helyezkedik el.
  - Leírja az alsó réteg által nyújtott szolgáltatásokat, az ezek kéréséhez szükséges adatokat és vezérlő információkat, a szolgáltatások eredményét adó információkat és az elérés módját.

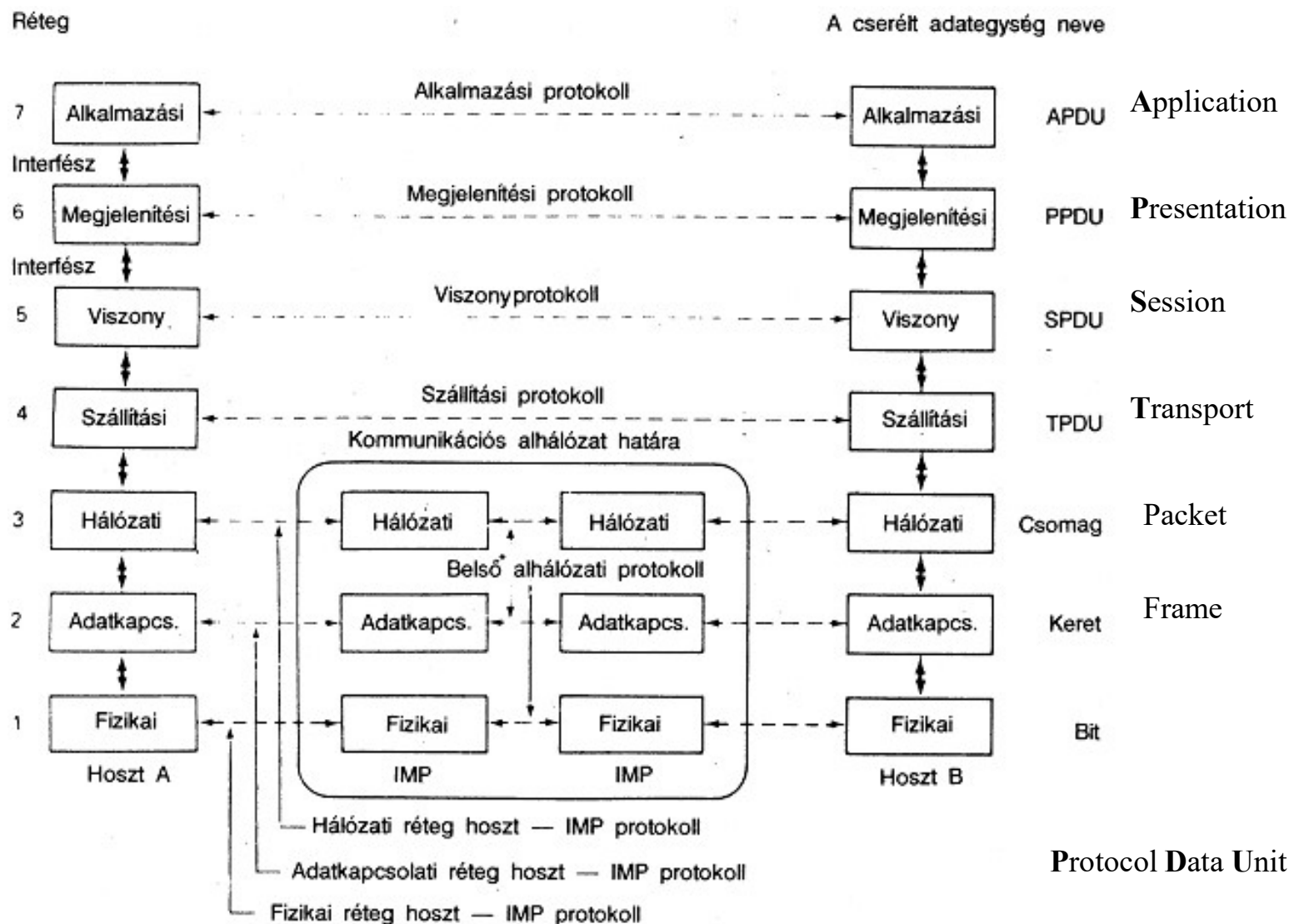
# Alapfogalmak

- **Referencia modell**
  - A rétegek ajánlott számát, a rétegek funkcióit definiálja, de nem határoz meg konkrét protokollokat és interfészeket!
- **Hálózati architektúra**
  - Rétegek és protokollok halmaza, ami már elég információ az implementáláshoz. Maga az implementáció azonban nem része, még az interfészek specifikációja sem!

# ISO OSI modellen alapuló architektúra

- Az ISO szabványokat is készít az egyes rétegek számára (de ezek nem részei a hivatkozási modellnek - pl. IEEE 802.3 az adatkapcsolati réteghez)
- Az OSI modellen alapuló hálózati architektúrára példa a következő ábra.

# ISO OSI modellen alapuló hálózati architektúra



# 1. A fizikai réteg: bitfolyam

- **A bitek kommunikációs csatornán való áthaladásáért a felelős.**
- **Megoldandó kérdések:**
  - **Az egyes bitek reprezentációja** (jelek, pl. feszültség)
  - **Adatátviteli irányok meghatározása** (duplex, félduplex, szimplex)
  - **Kapcsolat felépítése, bontása**
  - **A közeg és csatlakozók fizikai kialakítása** (hány tűske, milyen dugó)
- **A fizikai réteg protokoll**
  - **mechanikai,**
  - **villamos,**
  - **funkcionális,**
  - **eljárás specifikációk.**

## 2. Adatkapcsolati réteg: keretek

- A hálózati réteg számára hibamentes átvitelt biztosít.
- Feladatai:
  - Keretképzés és behatárolás (a fizikai rétegnek megfelelően).
  - Hibák ellenőrzése, javítása (kódolás, nyugta küldés, fogadás).
  - Adatfolyam vezérlés (lassú vevő, forrás leállítás), forgalom szabályozás.
  - Szükség esetén csatornamegosztás (üzenetszórásos médiumhoz való hozzáférés esetén – pl. LLC, MAC).

### 3. Hálózati réteg: csomagok

- **A kommunikációs hálózat működését vezérli**
  - **Csomagok forrás - célállomás közötti útvonalának meghatározása.**
    - **Útvonal választás lehet**
      - statikus,
      - dinamikus.
  - **Torlódás vezérlés**  
(ne legyenek túlterhelt részek a hálózatban)
  - **Heterogén hálózatok összekapcsolása**  
(a csomópont (Node) minimum 3 réteget tartalmaz)

## 4. Szállítási réteg: datagramm, szegmens

- **Feladata a viszonyréteg üzeneteinek továbbítása.**
- **Valódi forrás-cél (end-to-end) réteg**
  - míg az alsóbb rétegekben társlemek nem feltétlenül a valódi forrás-cél elemek, itt azok valódiak).
- **Feladatok**
  - **Üzenetek tördelése illetve összeállítása**
  - **Összeköttetések létrehozása**
  - **Több egyirányú kérés multiplexálása (nyalábolás lefelé)**
    - több szállítási összeköttetés számára egy hálózati összeköttetés
  - **Egy szállítási ÖK számára több hálózati ÖK**
    - nagyobb átbocsátó képesség
  - **Adatáramlás vezérlés** (lassú feldolgozás, forrást állít meg)
  - **Hibakezelés**
  - **Összeköttetés típusok pl:**
    - hibamentes sorrendhelyes,
    - hibamentes nem sorrendhelyes

## 5. Viszonyréteg: üzenetek

- **Különböző gépek között felhasználói viszonyok létesítése**
- **Feladatok:**
  - **Párbeszédok szervezése**
    - (egy vagy kétirányú kapcsolatok kialakítása)
  - **Szinkronizáció**
    - (nagy mennyiségű adat átvitele esetén szinkronizációs pontok, hogy meghibásodás esetén csak onnét ismételjük az adatátvitelt)
  - **Kölcsönhatás menedzselés**
    - (a két oldal egyidejűleg ne próbálkozzon ugyanazzal a művelettel)

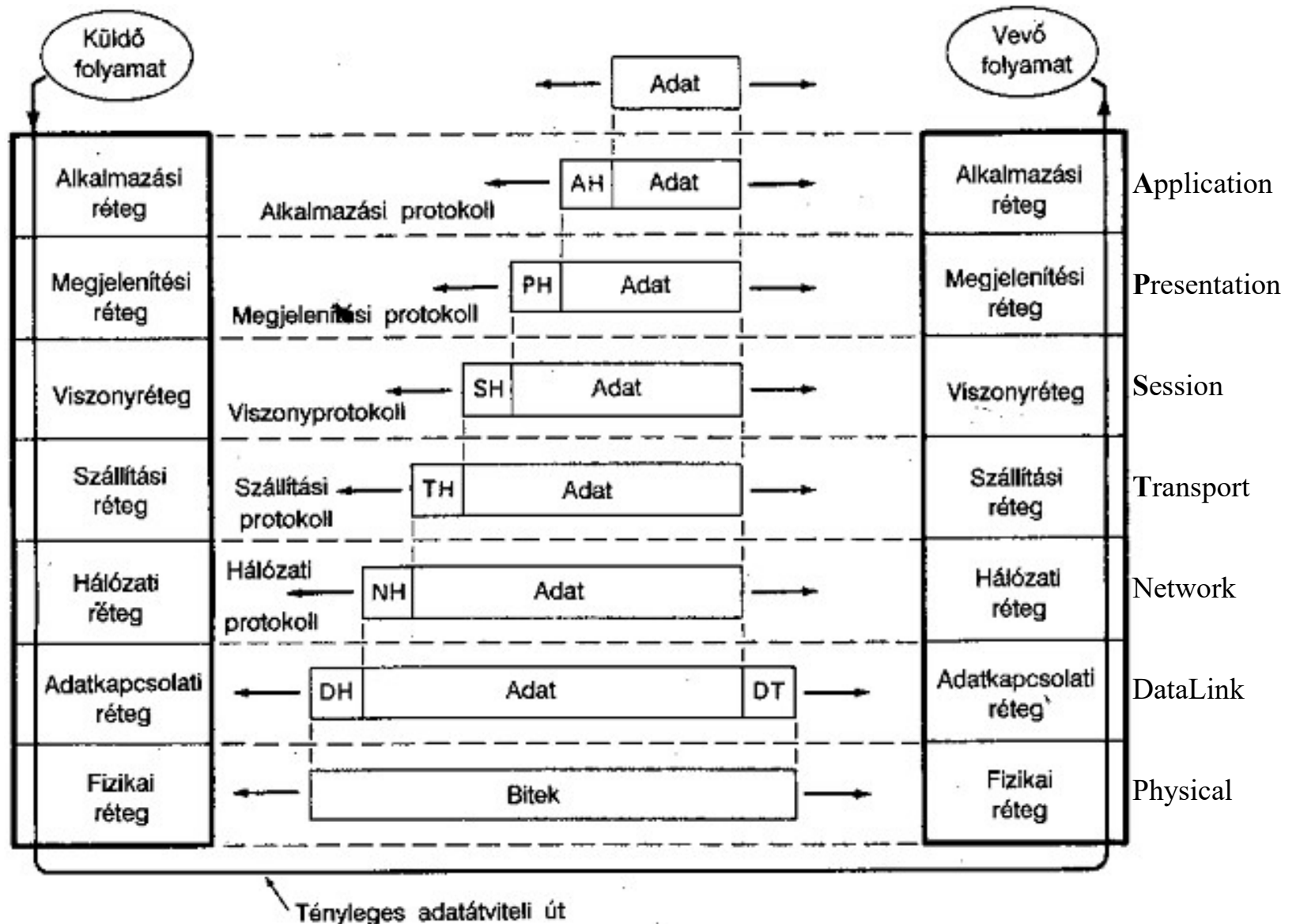
## 6. Megjelenítési réteg: üzenetek

- Az átviendő információ szintaktikájával és szemantikájával foglalkozik
- Gyakori általános megoldású feladatok elvégzése
- Feladatok pl:
  - kód konverzió (pl. eltérő szabványos kódolások),
  - titkosítás,
  - tömörítés.

## 7. Alkalmazási réteg: üzenetek

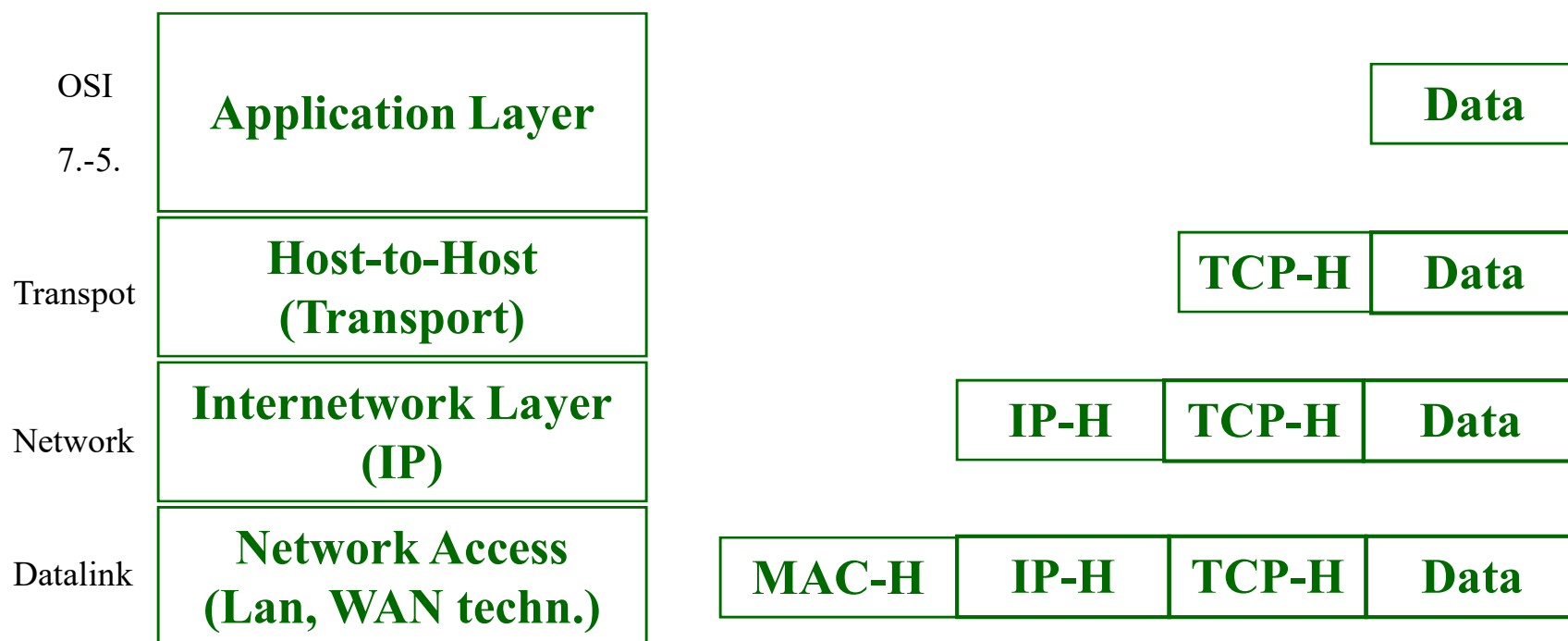
- Széles körben igényelt protokollokat tartalmaz pl:
  - **Fájl- és nyomtatószolgáltatások**
    - Fájl-átvitel (ftp), tárolás és migráció, archiválás
    - Távoli nyomtatás, rajzolás, fax
  - **Kommunikációs szolgáltatások**
    - Pl. elektronikus levelezés (SMTP, MIME), levelező listák, news
  - **Directory szolgáltatások**
    - Címek, telefonszámok, szolgáltatások, hálózati objektumok stb. lekérdezése
  - **Alkalmazás szolgáltatás**
    - Egységes terminál-leírás: virtuális terminál, távoli géphasználat (ssh), böngészők (WWW)
    - Adatbázis szolgáltatás

# Példa az OSI használatára



# Más modellek ...

- A DoD (Department of Defense) modell
  - ARPANET, TCP/IP protocol stack

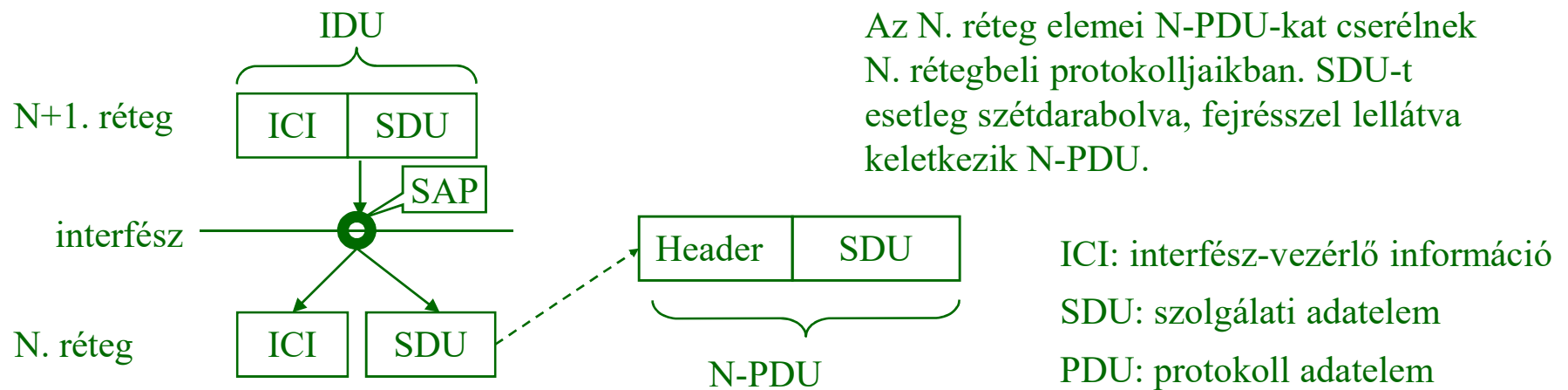


# Szolgáltatok (services)

- **Az OSI modell egyes rétegeinek feladata, hogy jól definiált szolgáltatokat nyújtson a fölötte lévő rétegnek.**
  - épít az alatta lévőre
  - a szolgáltatokat a funkcionális elemek biztosítják
- **Szolgáltatelési pont (SAP: Service Access Point) fogalma:**
  - A szolgáltatok ezeken keresztül érhetők el.
  - Minden SAP egyedi azonosító címmel rendelkezik
    - Pl. Berkley Unix Socket címek

# Az általános modell

- **Pl.: N+1. rétegbeli funkcionális elem egy interfész adatalemet (IDU: Interface Data Unit) küld a SAP-on keresztül az N. rétegbeli funkcionális elemnek.**



# A szolgálatok típusai

- **Összeköttetés alapú szolgálat (connection oriented)**
  - összeköttetés felépítés,
  - használat,
  - lebontás.

} → Sorrendhelyes kapcsolat.

- **Két variáns:**
  - üzenetsorozat (üzenethatárok megmaradnak),
  - bájt-sorozat (nincsenek üzenethatárok).

# A szolgálatok típusai

- **Összeköttetésmentes szolgálat (connectionless service)**
  - Az üzenetek (üzenet darabok) cél és feladó címet tartalmazznak,
  - egymástól függetlenül továbbítják őket.
  - Eredmény:
    - **Nem sorrendhelyes (datagramm) kapcsolat.**

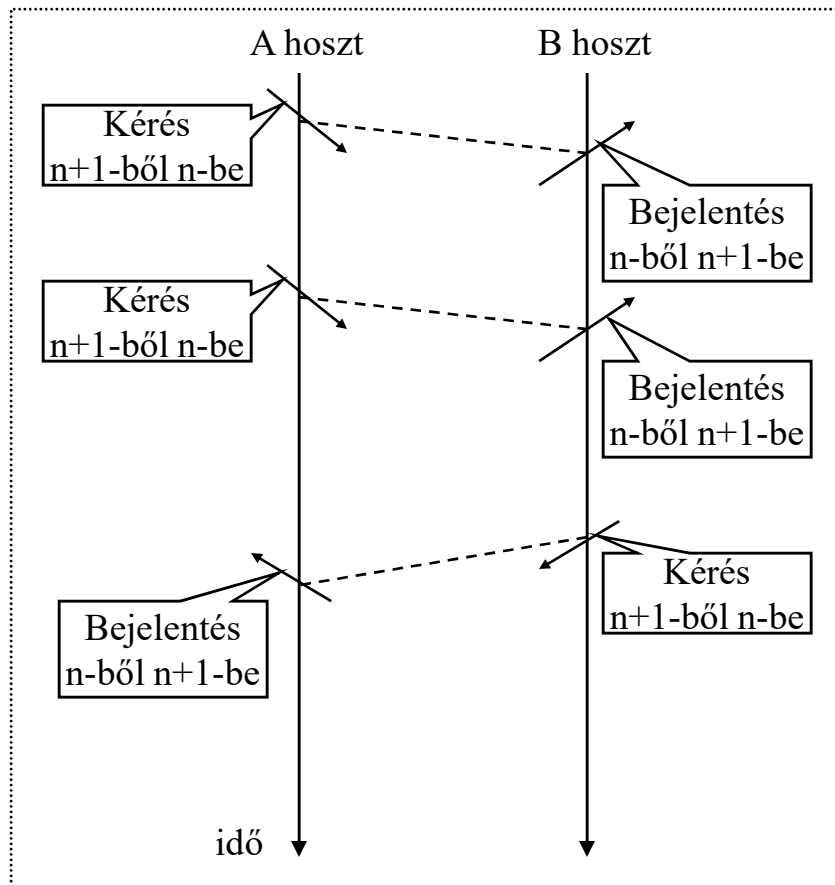
**Mindkettő lehet nyugtázott (megbízható), vagy nyugtázatlan (megbízhatatlan)**

# Szolgáltatásp primitívek

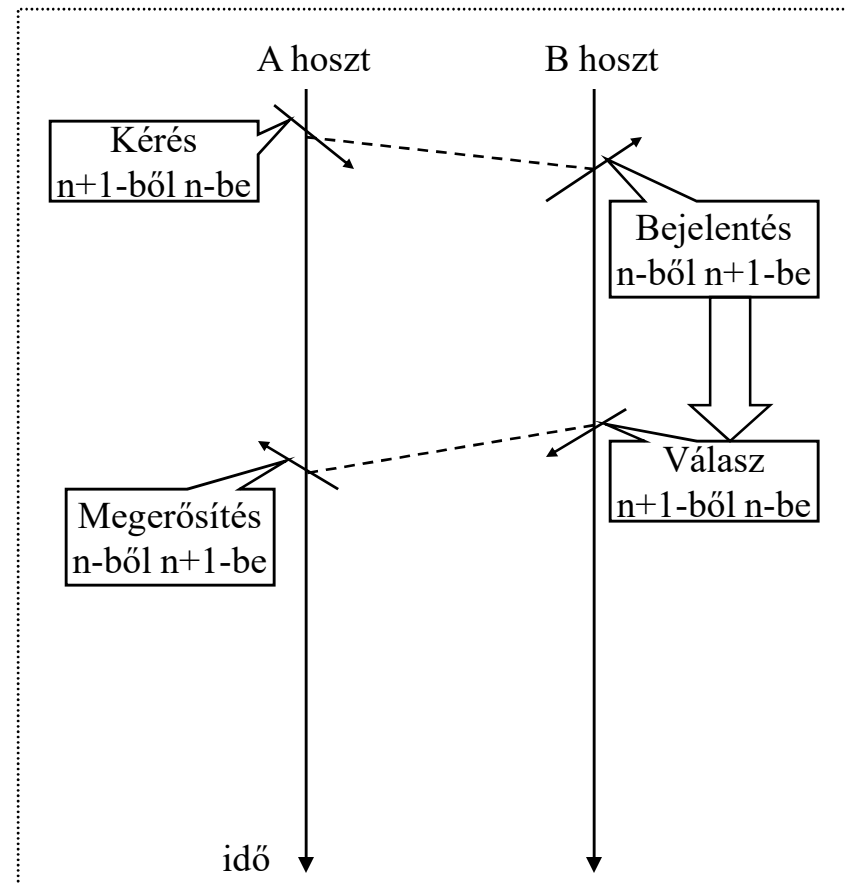
- Valamely szolgálatot primitívek, azaz műveletek halmazával írhatunk le.
- Az OSI modellben 4 primitív osztály:
  - **Kérés** (request): egy funkcionális elem valamely tevékenység végrehajtását kéri (↓).
  - **Bejelentés** (indication): egy funkcionális elemet informálni kell egy eseményről (↑).
  - **Válasz** (response): egy funkcionális elem válaszolni akar egy eseményre (↓).
  - **Megerősítés** (confirm): egy funkcionális elemet informálni kell a kérésről (↑).

# Szolgáltatásp primitív példák

## Megerősítetlen szolgálat (nyugtázás nélkül) (csak kérés, bejelentés)



## Megerősített szolgálat (nyugtázott) (kérés, bejelentés, válasz, megerősítés)



# Egy "hétköznapi" példa ...

Milli nénit teára hívom

- **Megerősített összeköttetés létesítés, megerősítetlen adattovábbítással és összeköttetésbontással**  
[Tanenbaum, p.44]
- **Jelölések:**
  - C.K: Connect.Kérés**
  - C.B: Connect.Bejelentés**
  - C.V: Connect.Válasz**
  - C.M: Connect.Megerősítés**
  - D.K: Data.Kérés**
  - D.B: Data.Bejelentés**
  - DC.K: Disconnect.Kérés**
  - DC.B: Disconnect.Bejelentés**

# Milli nénit teára hívom

**1.C.K: Tárcsázok ...**

**4.C.M: Csöngés abbamarad**

**5.D.K: Hívom teára ...**

**8.D.B: Hallom ...**

**9.DC.K: Leteszem a kagylót**

**2.C.B: Kicsöng a telefon**

**3.C.V: Milli felveszi**

**6.D.B: Milli hallja ...**

**7.D.K: Mondja, eljön ...**

**10.DC.B: Hallja, letetted ...**

- **Megerősített összeköttetés létesítés,** (Kérés,Bejelentés,Válasz, Megerősítés)
- **megerősítetlen adattovábbítás,** (Kérés,Bejelentés)
- **megerősítetlen összeköttetés bontás.** (Kérés,Bejelentés)

# Fizikai réteg - alapfogalmak

- Adatok analóg és digitális jelként való továbbítása
- A csatorna adatátviteli (bitátviteli) sebessége

$$\frac{\text{Átvitt adatmennyiség [bit]}}{\text{Átviteli idő [sec]}}$$

- egy másodperc alatt átvitt adatmennyiség: [bit/sec], [bps]

- A csatorna jelzési sebessége

$$\frac{\text{Átvitt jelzések száma [db]}}{\text{Átviteli idő [sec]}}$$

- egy másodperc alatti jelváltozások (pl. feszültség, fázis): [baud]

- Csatorna sáv szélesség

- A legmagasabb és legalacsonyabb átvitt frekvenciák különbsége.
- Egy valóságos csatorna sávkorlátozott
  - Teljesítményvesztés miatt (a jel által az adott frekvencián szállított energia és a Fourier együtthatók között kapcsolat)
  - Beépített szűrők is lehetnek.

# Maximális adatátviteli sebesség

- Zajmentes, sávkorlátozott csatornán elérhető maximális adatátviteli sebesség:
  - H. Nyquist (1924) bizonyította
    - Tetszőleges, H sávszélességű jelből vett másodpercenként  $2H$  mintából az eredeti jel teljesen visszaállítható. Ebből:
    - $\text{Max\_adatátviteli\_sebesség[bps]} = 2 \cdot H \cdot \log_2 V$   
ahol
      - H: a csatorna sávszélessége
      - V: a jel diszkrét értékeinek száma (lehetséges jelzések száma).  
(Azaz  $V$  érték  $\log_2 V$  biten kódolható.)
- (Pl. zajtalan 3 KHz-es csatorna bináris jelek ( $V=2$ ) esetén 6Kbps max átviteli sebességet ad.)

# Zajos sávkorlátozott csatorna esetén

- Claude Shannon (1948) határozta meg a véletlen (termikus) zajjal tehelt csatornákra az elméleti maximális adatátviteli sebességet (információelméleti megfontolások alapján)

$\text{Max\_elérhető\_adatátvit\_seb[bps]} = H \cdot \log_2(1+S/N)$   
ahol

- H: a csatorna sávszélessége;
- S/N: a jel-zaj viszony (signal-to noise ratio)

- S: jelteljesítmény;

- N: zajteljesítmény,

- decibelben [dB]:  $S/N_{\text{dB}} = 10 \cdot \log_{10} S/N$

| S/N  | S/N <sub>dB</sub> |
|------|-------------------|
| 0    | -inf              |
| 1    | 0                 |
| 10   | 10                |
| 100  | 20                |
| 1000 | 30                |

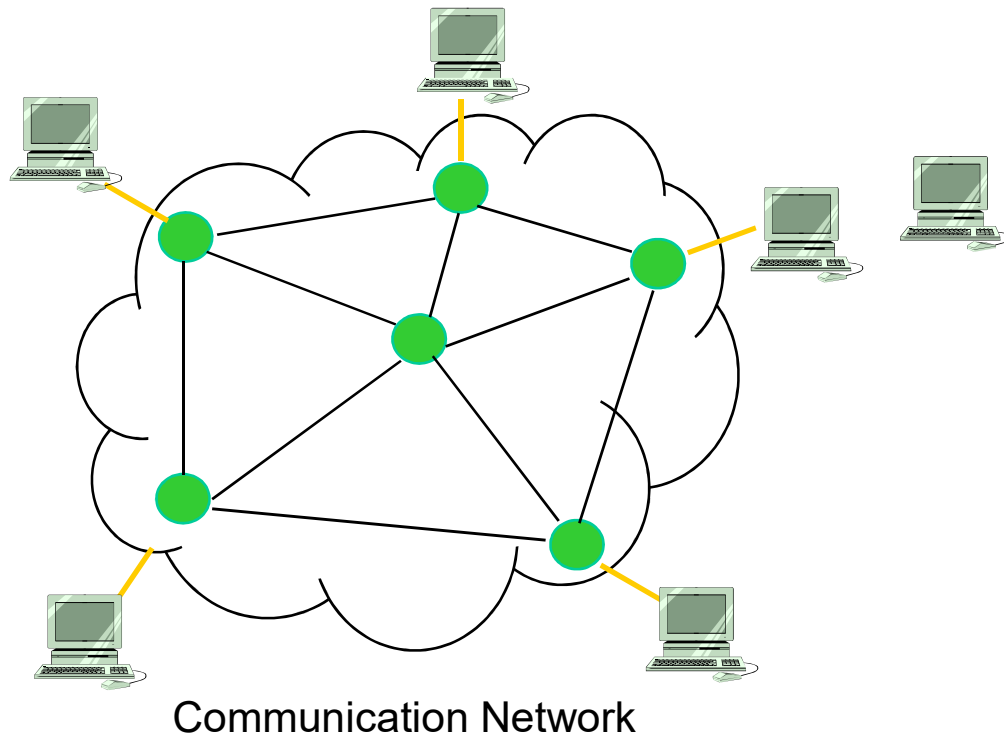
Pl:  $H=3000\text{Hz}$ ;  $S/N_{\text{dB}}=30\text{dB}$ ; ( $\log_2 1001=9,967$ );  $\text{max\_seb}=30\text{Kbps}$

# A Shannon korlát

- A gyakorlatban a Shannon-korlát megközelítése is nehéz!
- Zajmentes sávkorlátozott csatornán a maximális adatátviteli sebesség végtelen ( $2 \cdot H \cdot \log_2 V$ ,  $V \rightarrow \infty$ )
- A Shannon korlát információelméleti megfontolásokból származik és érvényességi köre rendkívül széles.
- $S/N=1$ , a bithiba valószínűsége 50%,  
max. bitsebesség:  $H \cdot \log_2(1+1)=H$
- $2 \cdot H \cdot \log_2 V_{\max} = H \cdot \log_2(1+S/N)$

$$V_{\max} = (1+S/N)^{1/2}$$

# Kapcsolt hálózatok



● Kommunikációs  
csomópont  
(kapcsoló)

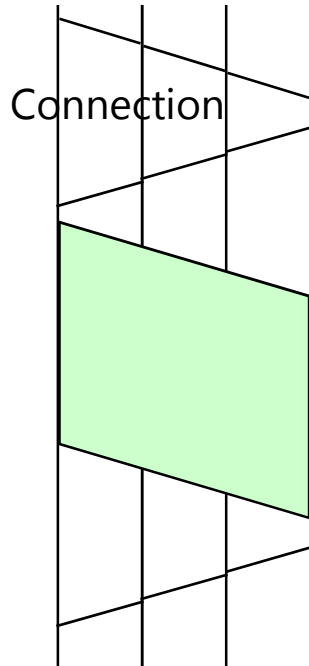
Hálózati végpont

- A végpontok  
közötti adatcsere  
kapcsoló  
csomópontokon  
keresztül

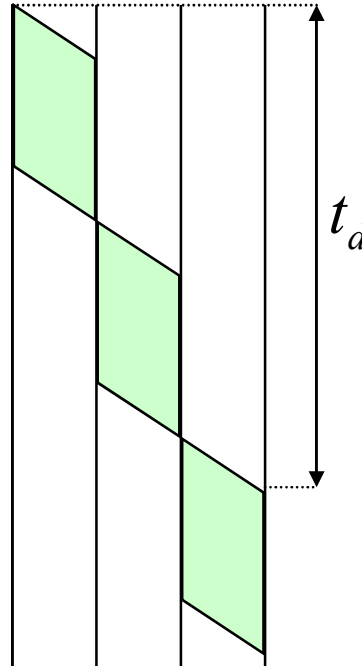
# Kapcsolási technológiák

- **Vonalkapcsolás (Circuit Switching, CS)**
- **Üzenetkapcsolás (Message Switching, MS)**
- **Csomagkapcsolás  
(Datagram or Packet Switching, PS)**
- **Virtuális vonalkapcsolás  
(Virtual Circuit Switching, VCS)**

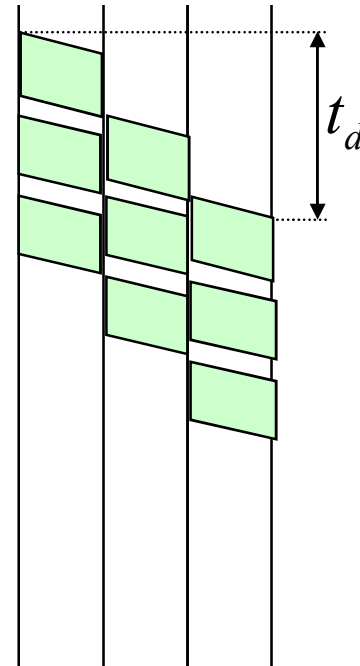
# Kapcsolási technológiák



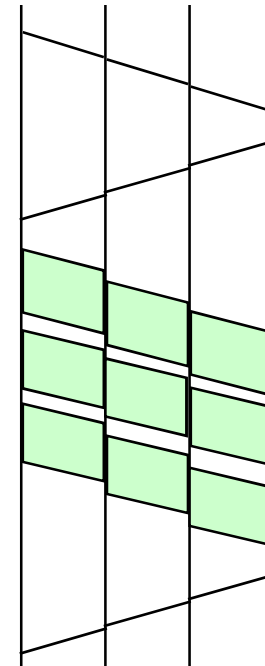
**Circuit  
Switching**



**Message  
Switching**

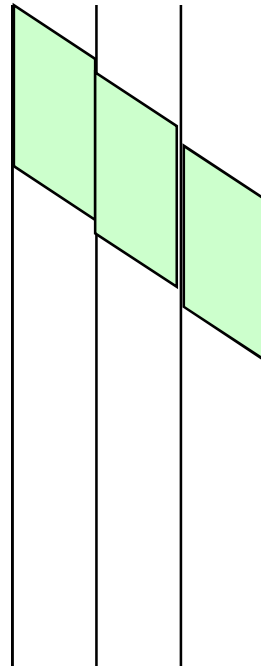


**Datagram  
Switching**

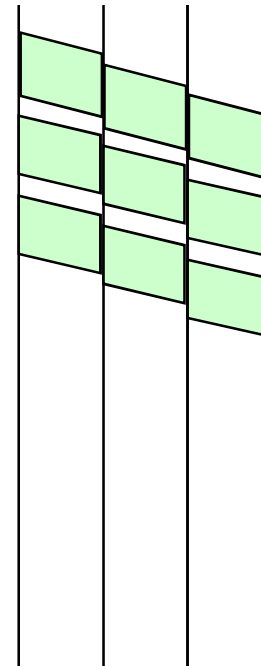


**Virtual Circuit  
Switching**

# Kapcsolási technológiák – átlapolt működés



**Message  
Switching**



**Datagram  
Switching**

# Vonalkapcsolás

- **Vonalkapcsolt hálózat**
  - **Kapcsolat felépítés (connection) a végpontok között (hátrány: ez időigényes lehet),**
  - **a dedikált vonalon kommunikáció a végpontok között (előny: nincs csat. elérési késleltetés, nincs torlódás),**
  - **végül kapcsolat bontás.**
  - **Impulzusszerű (burst-ös) forgalom esetén nem kedvező (kihasználatlanság léphet fel – foglal, de nem használ).**
  - **Pl. a nyilvános kapcsolt telefon hálózat ilyen.**

# Üzenetkapcsolás

- **Üzenetkapcsolt hálózat**
  - Teljes üzenet feladása megtörténik,
  - a csomópontok tárolják, majd továbbítják (store-and-forward) az üzenetet.
  - Nincs korlát az üzenet méretére.
    - Tetszőlegesen nagy késleltetés (nem interaktív, nem lehet valós idejű), bár prioritások kialakíthatók,
    - Tetszőlegesen nagy tárolókapacitás igény a csomópontokon.
  - A torlódás kontrollálható, jól kihasználja a közeget

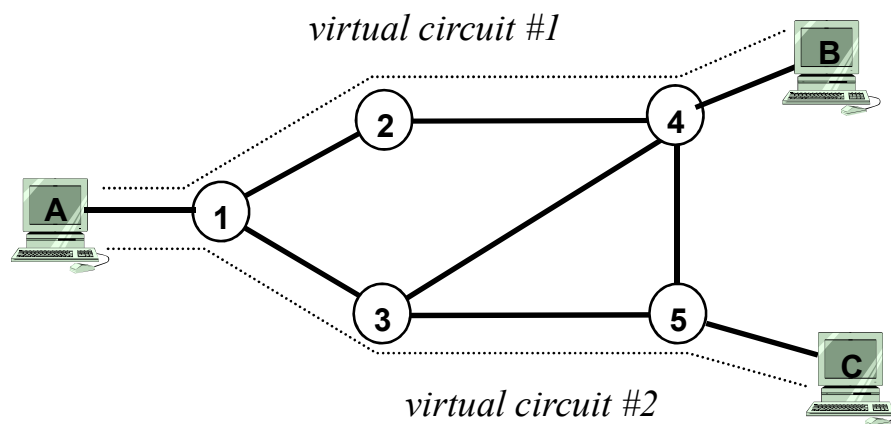
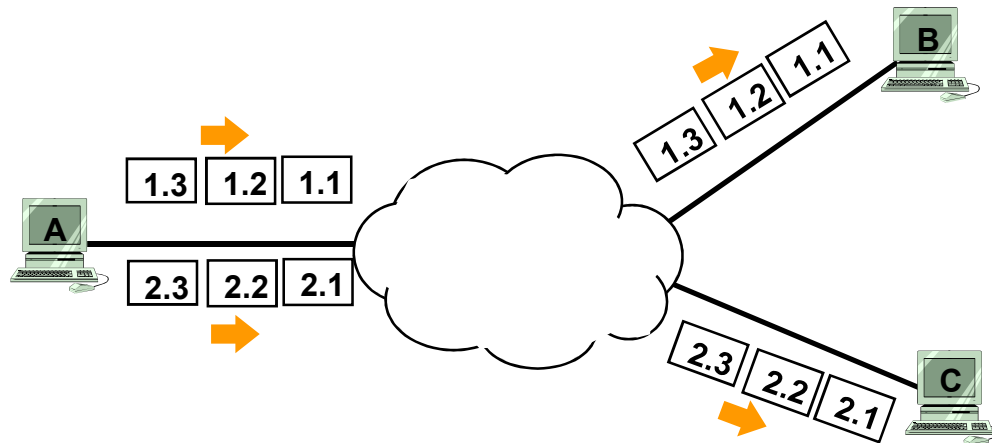
# Csomagkapcsolás

- **Csomagkapcsolt hálózat**
  - Felülről korlátos méretű csomagokat (packets) állítanak elő az üzenetek feldarabolásával.
  - A csomópontok között kapcsolaton (link-en) “dinamikusan osztoznak” a csomagok
  - Korlátos tárolókapacitás igény a csomópontokon,
  - kisebb késleltetés lehetséges (interaktív kommunikációra is alkalmas).
  - Nagyobb lehet az átbocsátóképeség.
    - Lehetőség van az átlapolt működésre (hosszabb üzenet első csomagjait már feldolgozzák, mikor a többit még csak adják).

# Virtuális vonalkapcsolás

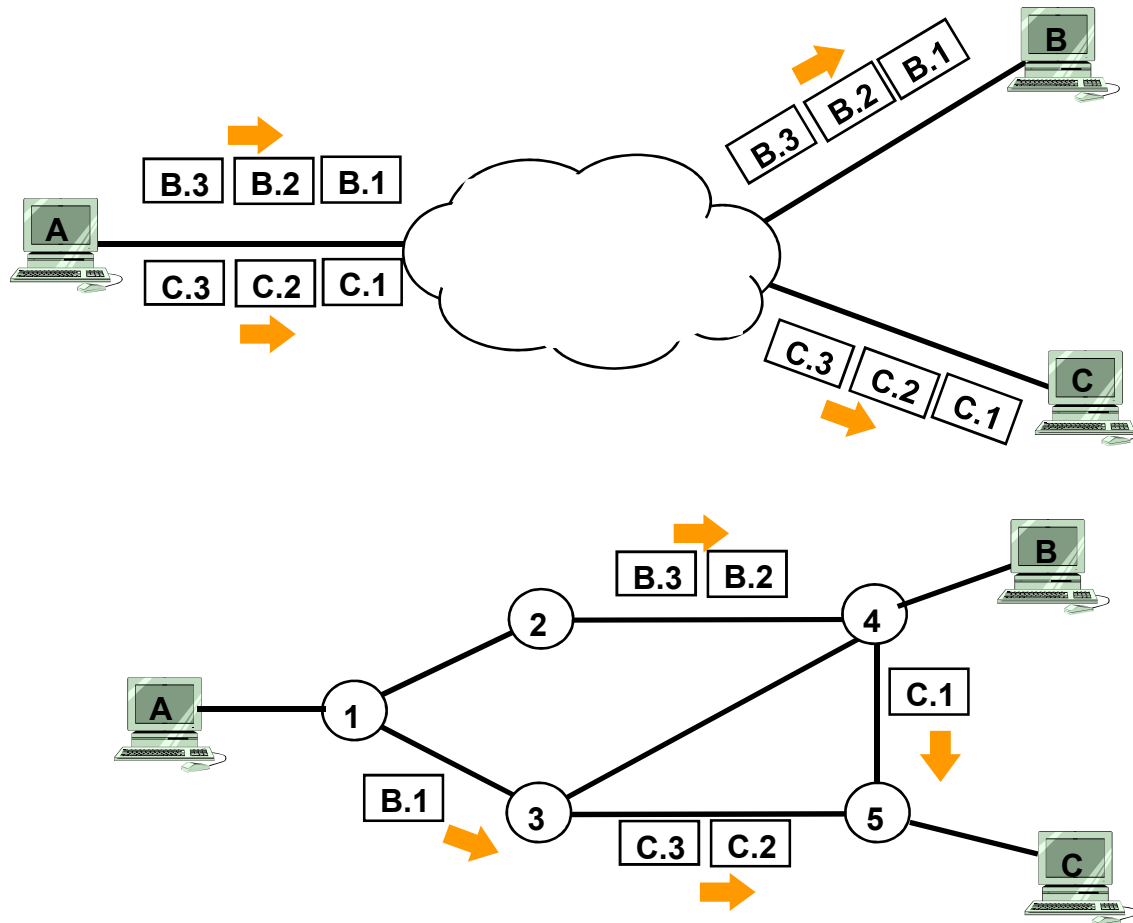
- **Csomagkapcsolás, de**
  - logikai útvonal alakul ki a végpontok között,
  - a csomagok ugyanazt az útvonalat használják (ezért feladási sorrendjükben érkeznek).
  - Hasonlít a vonalkapcsoláshoz, de az útvonal nem dedikált (más csomagok is osztoznak egyes linkeken).
  - A logikai útvonal létesítéséhez kapcsolat felépítés kell!
- **Szembeítve a datagram kapcsolással:**
  - ennél minden csomag függetlenül továbbítódik,
  - sorrend “felborulhat” (rendező protokoll kell),
  - nem kell kapcsolat felépítés.

# Virtual Circuit Switching



- Logikai kapcsolat (logical connection, virtual circuit: VC) létesül két állomás között.
- A csomagok a VC számmal és a sorszámukkal címkézettek

# Datagram Switching



- Minden csomag függetlenül továbbítódik
- A csomagok a cél címmel és a sorszámukkal címkézettek. Sorrendjük „felborulhat”.

# Gyakorlat 1

## 1. feladat: $1,4 \cdot 10^6$ Byte adat szállítása floppylemezen

A floppy írás/olvasás sebessége  $20 \cdot 10^3$  Byte/sec. Írom, visszaolvasással ellenőrzöm, majd 1 órán keresztül  $50 \text{ Km/h}$  sebességgel szállítom a célállomásig és ott beolvasom.

### Kérdések:

Mekkora a

- Teljes adatátviteli idő?
- Az átlagos adatátviteli sebesség?
- Az adatátvitel késleltetési ideje
- Az átlagos jelzéssebesség baud-ban, ha egy jelzést 8 bitesnek tekintünk?

# Gyakorlat 1

## Megoldás:

Az írás/ellenőrzés ideje:

$$2 \cdot \frac{1.4 \cdot 8 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^4 \cdot 8} = 140 \text{ sec}$$

Az olvasás ideje

$$\frac{1.4 \cdot 8 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^4 \cdot 8} = 70 \text{ sec}$$

A szállítás ideje

3600 sec

Teljes átviteli idő

$$3600 + 140 + 70 = 3810 \text{ sec}$$

Késleltetési idő

$$3600 + 140 = 3740 \text{ sec}$$

Átlagos átviteli sebesség

$$\frac{1.4 \cdot 8 \cdot 10^6}{3810} = 2939.2 \text{ bps}$$

Jelzési sebesség baud-ban

$$\frac{1.4 \cdot 8 \cdot 10^6}{8 \cdot 3810} = 367.4 \text{ baud}$$

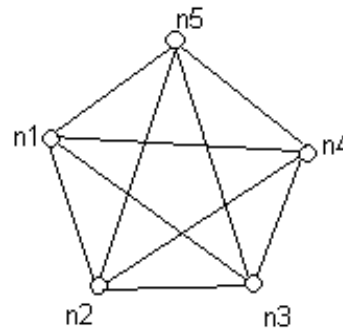
És a jelterjedési sebesség?

kb. 50 Km/h (ezt módosíthatnám a kiolvasási/ellenőrzési beolvasási idővel ...)

# Gyakorlat 2

## 2. feladat Topológiák

Hány lehetséges módon köthető össze 5 db csomópont (n) teljesen összekötött hálózat esetén, ha olyan pont-pont kapcsolatokat telepítünk, melyek egyaránt lehetnek nagy-, közepes- és alacsony sebességűek?



### Megoldás:

Az élek (összeköttetések) száma:

$$4+3+2+1=10$$

Tehát az összes lehetséges eset:

$$3^{(4+3+2+1)} = 3^{10}$$

# Gyakorlat 3

## 3. feladat: Topológiák

Vegyünk  $2^n - 1$  db csomópontot (egy csomópont jele  $N_i$ ). Legyen a topológia

- a. csillag (középen is csomópont, az  $N_0$ );
- b. gyűrű;
- c. teljesen összekötött.

Adjuk meg mindhárom esetre az átlagos csomópont-csomópont "ugrás" számot (az átlagos csomópont-csomópont csomag csomag által érintett élszámot) ( $n_T$ )!

# Gyakorlat 3

## Megoldás

### a. Csillag topológia

Minden átmenő csomag érinti az  $N_c$ -t, kivéve az  $N_c$ -ből indulók és az  $N_c$ -be érkezők!

Először - ezen topológiát tekintve - némi értelmezést adjunk az "átlagra"! Mi is ez az átlag?

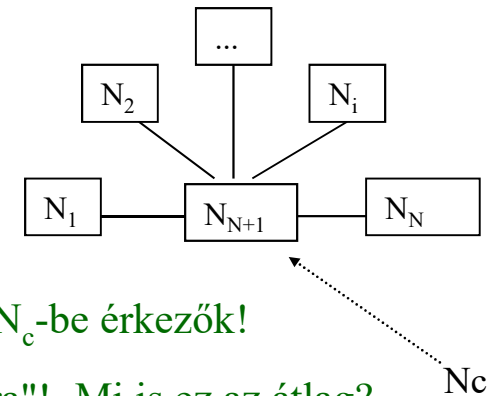
*...Bárki ad bárkinek, számoljuk össze az összes ugrásszámot és osszuk el az összes esetszámmal!*

**$N_c$  esetén: 1 ugrás (N) node-ra : 1 esetben**

**$N_x$  esetén: 2 ugrás (N-1) node-ra : (N) esetben +  
1 ugrás 1 node-ra : (N) esetben**

$$n_T = \frac{\sum \text{ugrás}}{\sum \text{eset}} = \frac{[N \cdot 1] \cdot 1 + [(N-1) \cdot 2 + 1 \cdot 1] \cdot N}{N \cdot 1 + (N-1+1) \cdot N} =$$

$$= \frac{N + (2N-1) \cdot N}{(1+N) \cdot N} = \frac{1+2N-1}{1+N} = \frac{2 \cdot N}{1+N} = \frac{2}{1+\frac{1}{N}} \cong 2 \text{ ha } n \gg 1$$



# Gyakorlat 3

## Megoldás

### b. Gyűrű topológia

$N_{N+1}$  szempontjából „szimmetrikus”. Az esetek száma  $N$ .

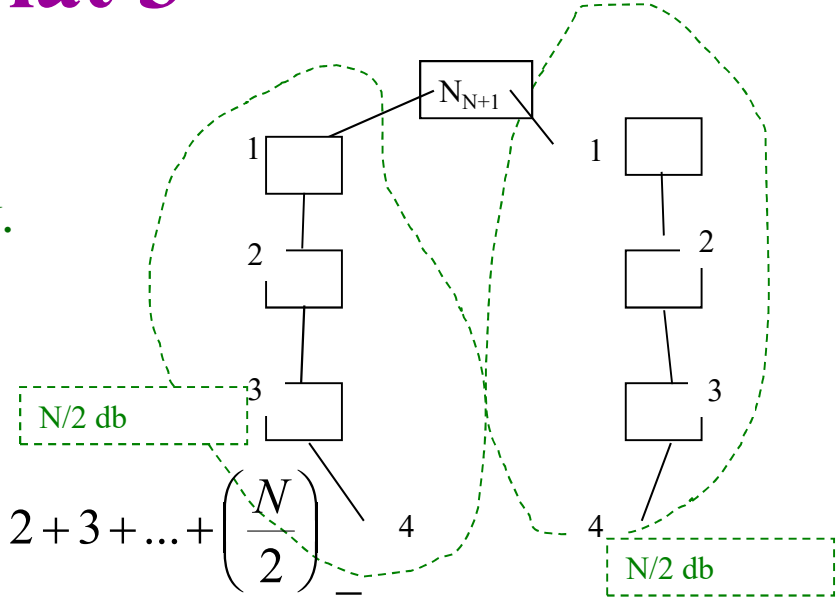
A gyűrű felosztható 2 db, egyenként  $N/2$  sorra,

és így az ugrások száma az egyik sorra

$1 + 2 + \dots + N/2$  lesz.

$$n_T = \frac{\sum \text{ugrás}}{\sum \text{eset}} = \frac{2 \cdot \left(1 + 2 + 3 + \dots + \frac{N}{2}\right)}{N} = \frac{1 + 2 + 3 + \dots + \left(\frac{N}{2}\right)}{\frac{N}{2}}$$

$$= \frac{\frac{N}{2} \cdot \frac{1 + \frac{N}{2}}{2}}{\frac{N}{2}} = \frac{1 + \frac{N}{2}}{2} = \frac{1}{2} + \frac{N}{4}$$



Számtani sor :  $S_k = k \frac{a_1 + a_k}{2}$  és itt  $k = \frac{N}{2}$

### c. Teljesen összekötött topológia (mindenki mindenkivel összekötve)

Szimmetrikus: elég egyet vizsgálni. Mindenhova 1 ugrás, tehát az átlag is 1.  $n_T = 1$

# Gyakorlat 4

## 4. feladat Keret újraadási szám valószínűsége

Tegyük fel, az adatkapcsolati réteg úgy kezeli a hibákat, hogy a sérült keretek újraadását kéri. Legyen  $p$  annak a valószínűsége, hogy egy keret **sérül** (ekkor  $1-p$  valószínűséggel **nem sérül** a keret). Tételezzük fel, hogy a nyugtázás sohasem sérül.

**Mi lesz egy keret  $n$  jelű újraindítási számának  $n_v$  jelű várható értéke?**  
(Várhatóan hányszor kell újraindítani?)

$$\sum_{j=1}^k a_j = k \frac{a_1 + a_k}{2} \quad (\text{számtani sor})$$
$$\sum_{j=1}^k q_j = q \frac{q^k - 1}{q - 1} \quad (\text{mértani sor})$$

# Gyakorlat 4

## Megoldás

Nézzük egy táblázatban az újradasok valószínűségeit:

Értelmezzük az újraküldési szám várható értékét ( $n_v$ ), az újraküldési szám és valószínűsége szorzatának összegeként!

$$n_v = \sum_{n=1}^{\infty} n(p^n(1-p)) = (1-p) \sum_{n=1}^{\infty} np^n$$

|                | Siker valószínűség | Hiba valószínűség |
|----------------|--------------------|-------------------|
| Egyből átmegy  | $1-p$              | $p$               |
| 1-szer újradas | $p(1-p)$           | $p^2$             |
| 2-szer újradas | $p^2(1-p)$         | $p^3$             |
| ...            | ...                |                   |
| n-szer újradas | $p^n(1-p)$         |                   |
| s.í.t.         |                    |                   |

Itt  $n$  az újraküldési szám,  $p^n(1-p)$  pedig az újraküldés valószínűsége.

| Az összeg így is írható |            |              |                |     |
|-------------------------|------------|--------------|----------------|-----|
| $1 \cdot p +$           | $p^1$      |              |                |     |
| $2 \cdot p^2 +$         | $p^2 +$    | $p^2$        |                |     |
| $3 \cdot p^3 +$         | $p^3 +$    | $p^3 +$      | $p^3$          |     |
|                         | ...        | ...          | ...            | ... |
|                         | ↓          | ↓            | ↓              | ... |
|                         | $\sum p^n$ | $p \sum p^n$ | $p^2 \sum p^n$ | ... |
|                         | ↓          | ↓            | ↓              | ... |
|                         | $p/(1-p)$  | $p^2/(1-p)$  | $p^3/(1-p)$    | ... |

$$n_v = \frac{p}{1-p}$$

Mértani sor :

$$\sum_{j=1}^k q^j = q \frac{q^k - 1}{q - 1}$$

$$\sum_{j=1}^{\infty} q^j = q \frac{-1}{q - 1} = \frac{q}{1 - q}$$

|            | $p$ | $n_v$    |
|------------|-----|----------|
| Nem sérül  | 0   | 0        |
| Alig sérül | 0,1 | 1/9      |
| Közepesen  | 0,5 | 1        |
| Nagyon     | 0,9 | 9        |
| Mindig     | 1   | $\infty$ |

$$n_v = (1-p) \sum_{n=1}^{\infty} np^n = (1-p) \left( \sum_{n=1}^{\infty} p^n + \sum_{n=2}^{\infty} p^n + \sum_{n=3}^{\infty} p^n + \dots \right) = (1-p) \left( p \cdot \frac{1}{1-p} + p^2 \cdot \frac{1}{1-p} + p^3 \cdot \frac{1}{1-p} + \dots \right) = p + p^2 + p^3 + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} p^n = \frac{p}{1-p}$$

# Gyakorlat 5,6

## 5. feladat Adatátviteli sebesség

Egy televíziós csatorna 6MHz sávszélességű. Hány bitet lehet másodpercenként elküldeni (mekkora az adatátviteli sebesség), ha négyértékű jeleket használunk?

### Megoldás

A Nyquist összefüggéssel számítható az adatátviteli sebesség maximuma:

$$\text{Adat-átv-seb} = 2 H \log_2 V \text{ [bps]}$$

Itt most  $H = 6 * 10^6 \text{ Hz}$ ;  $V = 4$ ; Így  $\log_2 V = 2$ ;

$$\text{Tehát Adat-átv-seb} = 2 * 6 * 10^6 * 2 = 24 * 10^6 \text{ bps} = 24 \text{ Mbps}$$

## 6. feladat Adatátviteli sebesség

Mekkora elméleti max. adatátviteli sebesség érhető el egy 3 KHz-es 20 dB-es jel-zaj viszonyú csatornán?

### Megoldás

A Shannon tétel: Elm-max-adatátv-seb =  $H \log_2(1 + S/N)$  [bps];

és  $S/N_{\text{dB}} = 10 * \log_{10}(S/N)$ , most  $H = 3 * 10^3 \text{ Hz}$ ;  $20 \text{ dB} = 10 * \log_{10}(S/N)$ ; ebből  $S/N = 100$ ;

$$\text{Tehát Elm-max-adatátv-seb} = 3 * 10^3 * \log_2 101 = 6,666 * 3 * 10^3 \approx 20 \text{ Kbps}$$