

Számítógép-hálózatok Bevezetés, hálózati architektúra, rétegek

2023/2024. tanév, I. félév

Dr. Kovács Szilveszter

E-mail: szkovacs@iit.uni-miskolc.hu

Informatika Intézet 106/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

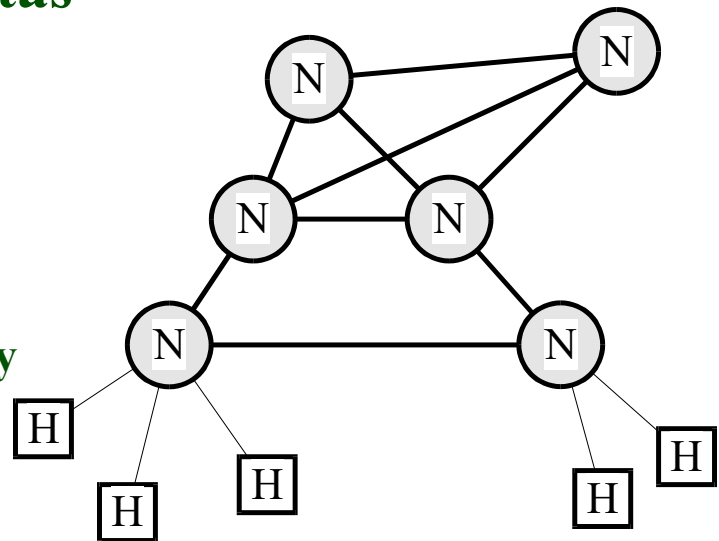
- **Erőforrás összevonás/megosztás**
 - Minden erőforrás a fizikai helyétől függetlenül bárki számára elérhető legyen
- **Megbízhatóság növelés**
 - Több azonos funkciójú erőforrás, redundancia, adatbiztonság,
- **Gazdaságosság növelés**
 - Pl. egy drága szupergép helyett több, kisebb, olcsóbb – GRID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

Kiterjedés szerinti osztályozásuk

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

Hálózati struktúrák

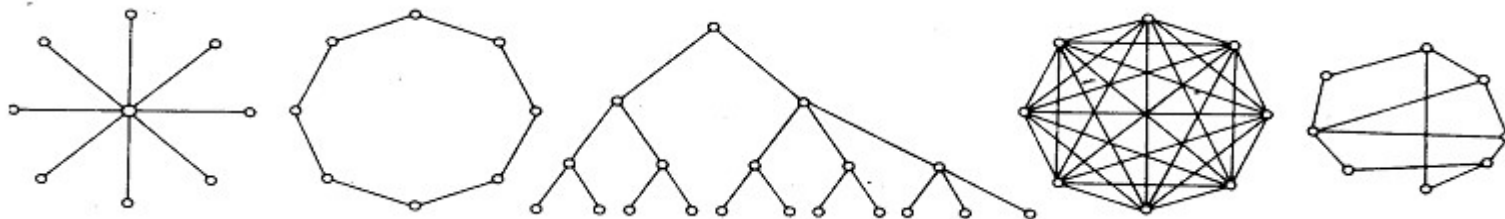
- A számítógéphálózat gazdagépeket (Host) összekötő kommunikációs hálózat (Communication Network)
- Célja: Hosztok közötti üzenettovábbítás
- Elemei:
 - Átviteli vonalak – csatornák (channels)
 - Kapcsolóelemek
 - Interface Message Processor (IMP), vagy
 - Csomag (vonal) kapcsoló csomópont, vagy
 - Csomópont (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

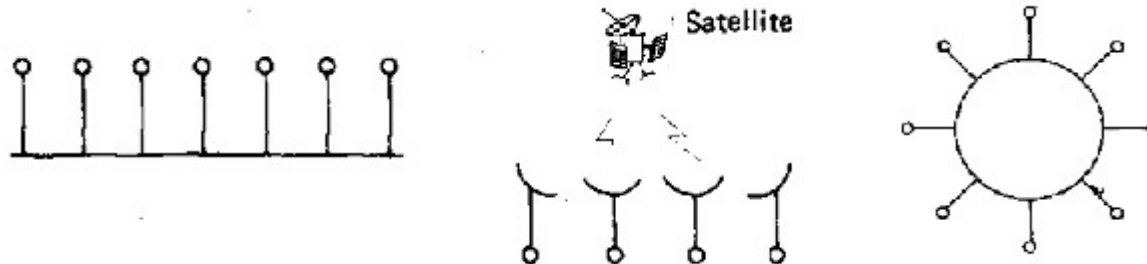
- Topológiák: csillag, gyűrű, fa, teljes, szabálytalan
- **Egy csatornán mindig két csomópont kommunikál.**
- Általában nagy távolságok, WAN, MAN (ma már LAN is (UTP))
- Az üzeneteket (csomagokat) a csomópontok tárolják és továbbítják (store and forward) az új irányba. Más néven csomagkapcsolt-hálózat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

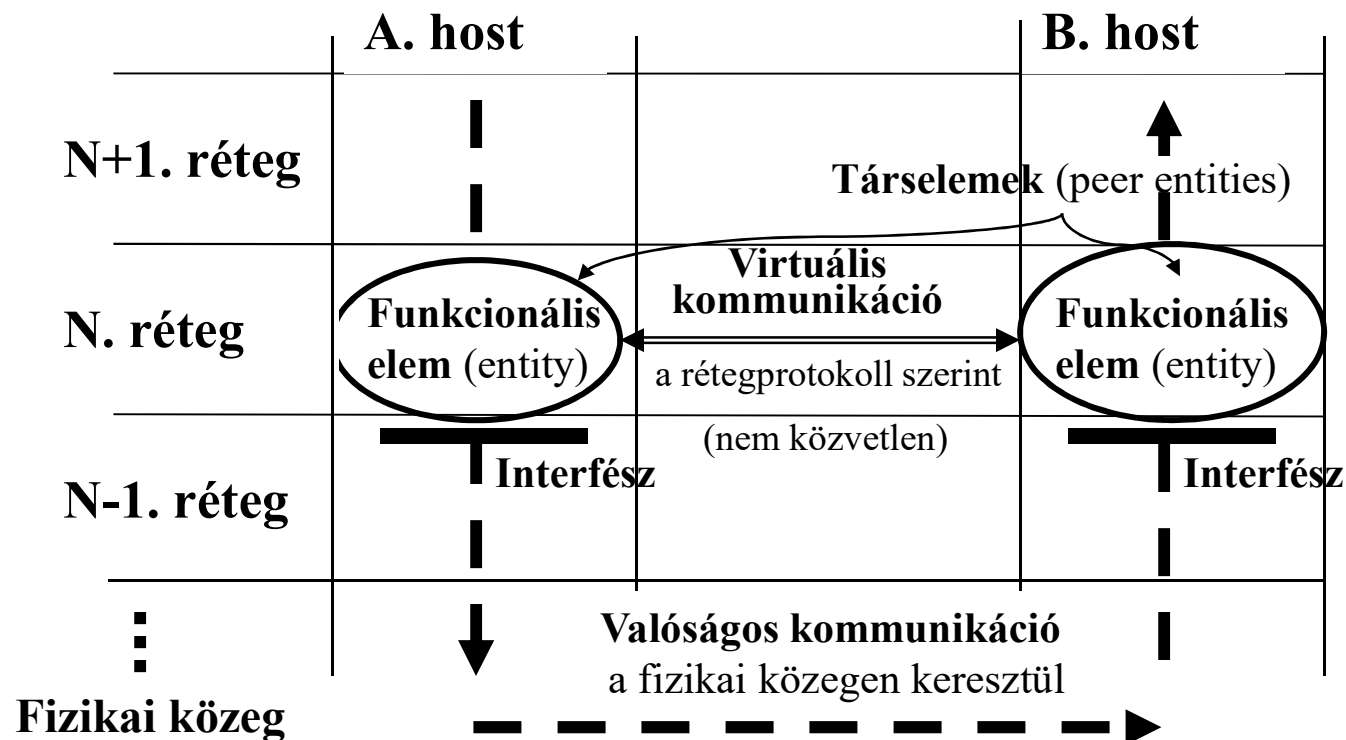


Üzeneszórásos csatorna

- **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).

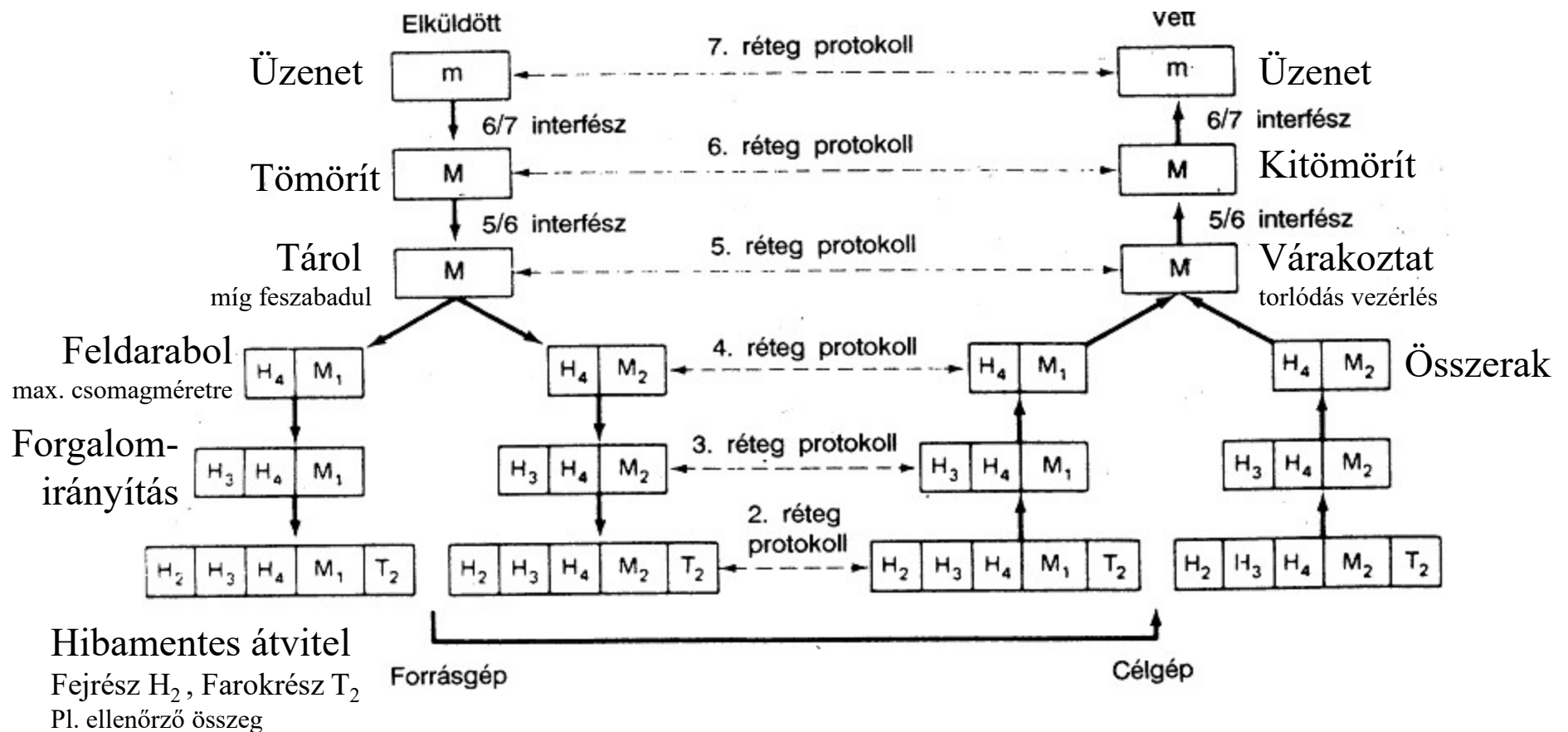
Miért jó a rétegezettség?

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.

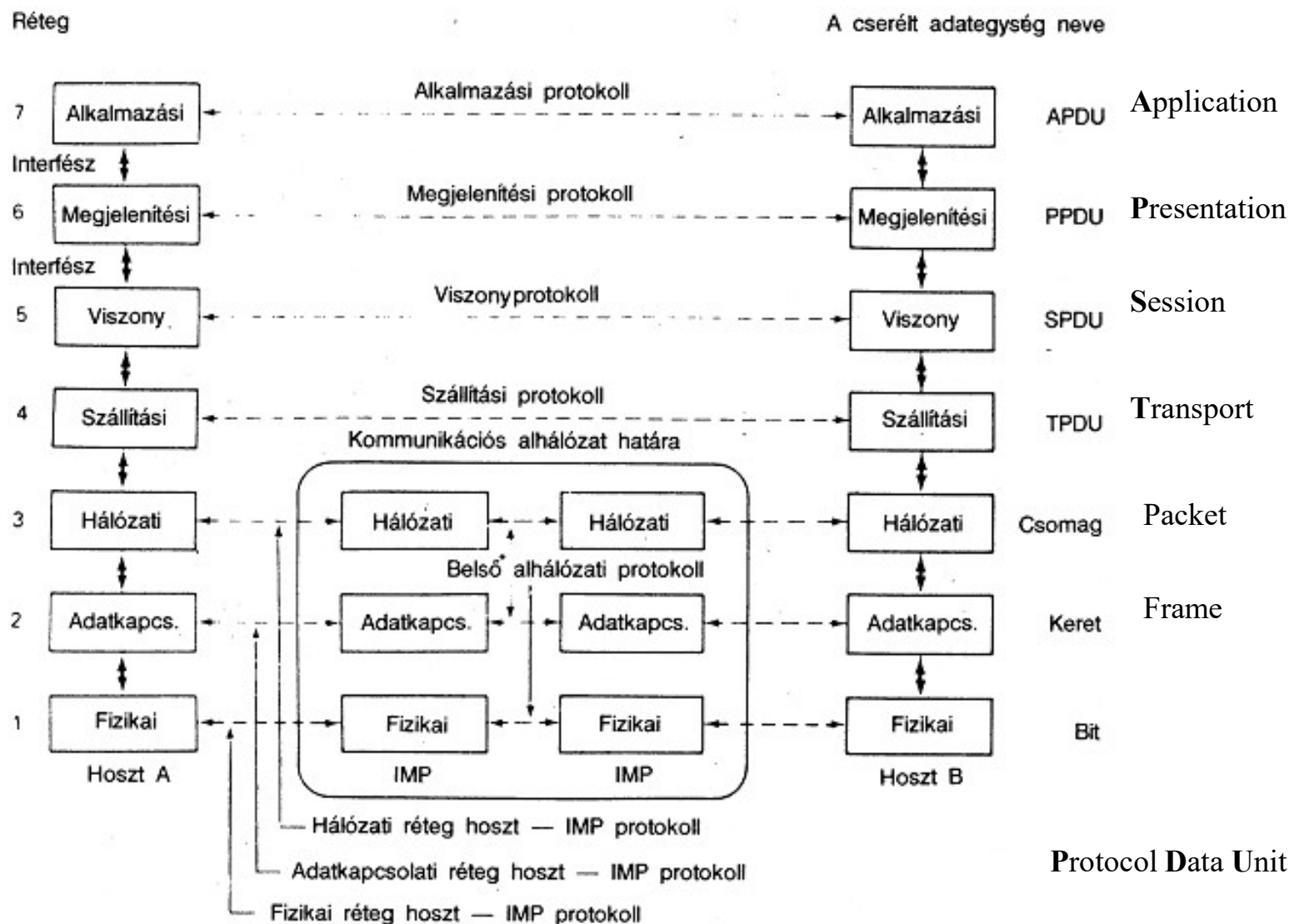
Alapfogalmak

- **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)
- 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:**
 - **párbeszédek 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)

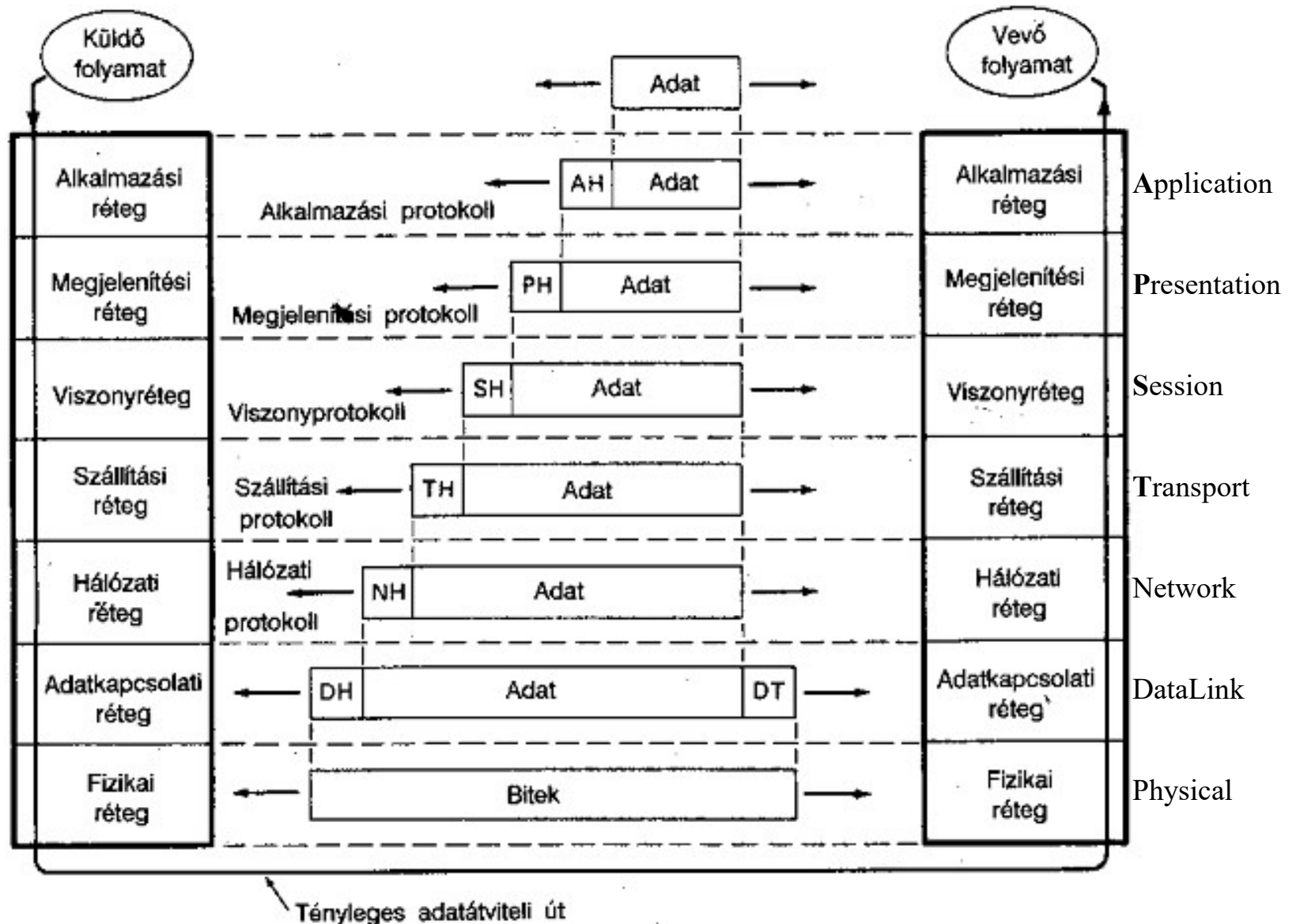
6. Megjelenítési réteg: üzenetek

- 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

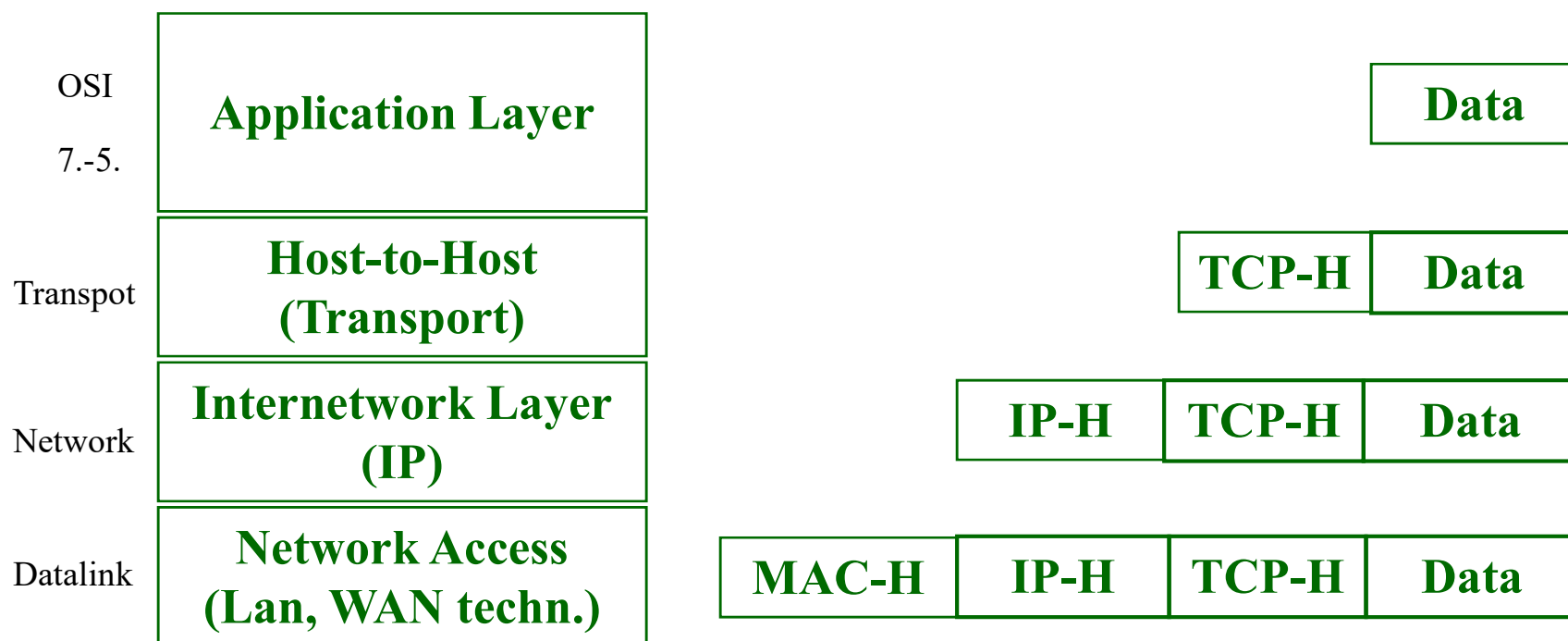
- **Széles körben igényelt protokollokat tartalmaz pl:**
 - **Fájl- és nyomtatószolgáltatások**
 - Fájl-átvitel (ftp), tárolás és migráció, archiválás
 - Távoli nyomtatás, rajzolás, fax
 - **Kommunikációs szolgáltatások**
 - Pl. elektronikus levelezés (SMTP, MIME), levelező listák, news
 - **Directory 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

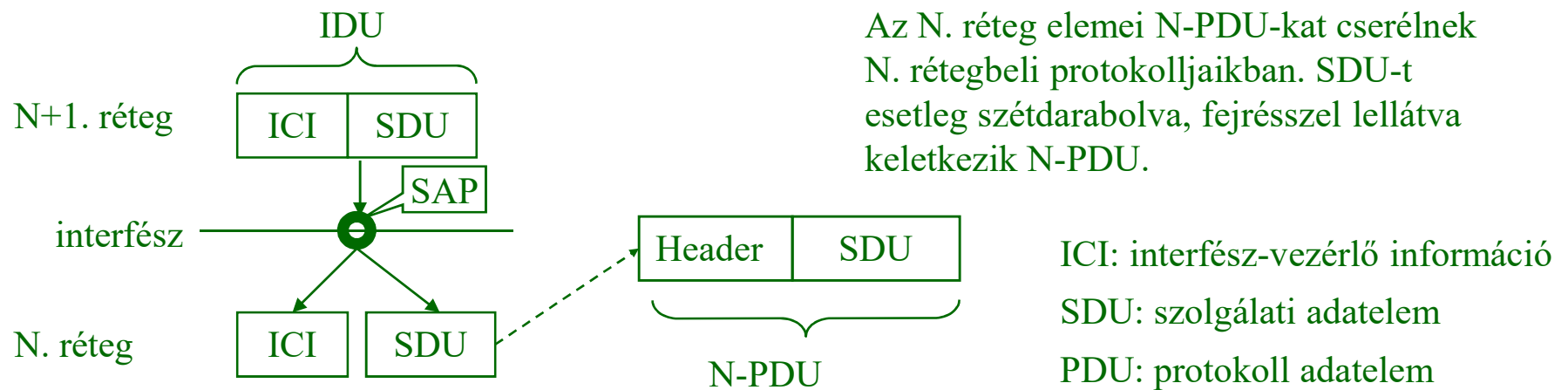


Szolgáltatok (services)

- **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 adatelemet (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.**

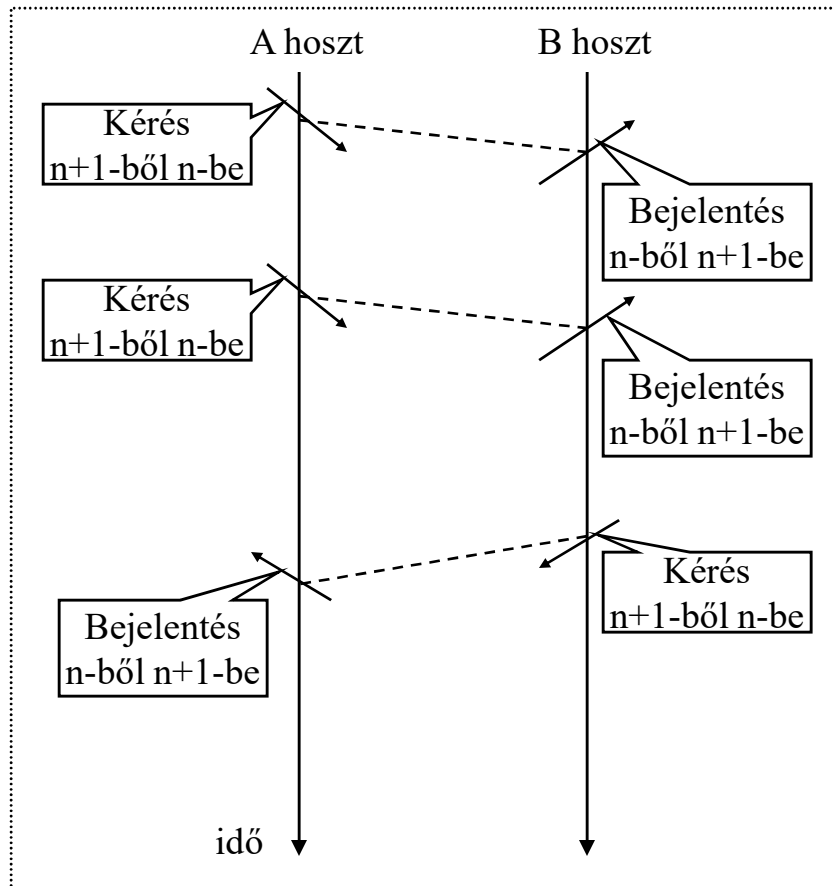
Mindkettő lehet nyugtázott (megbízható), vagy nyugtázatlan (megbízhatatlan)

Szolgáltatásp primitívek

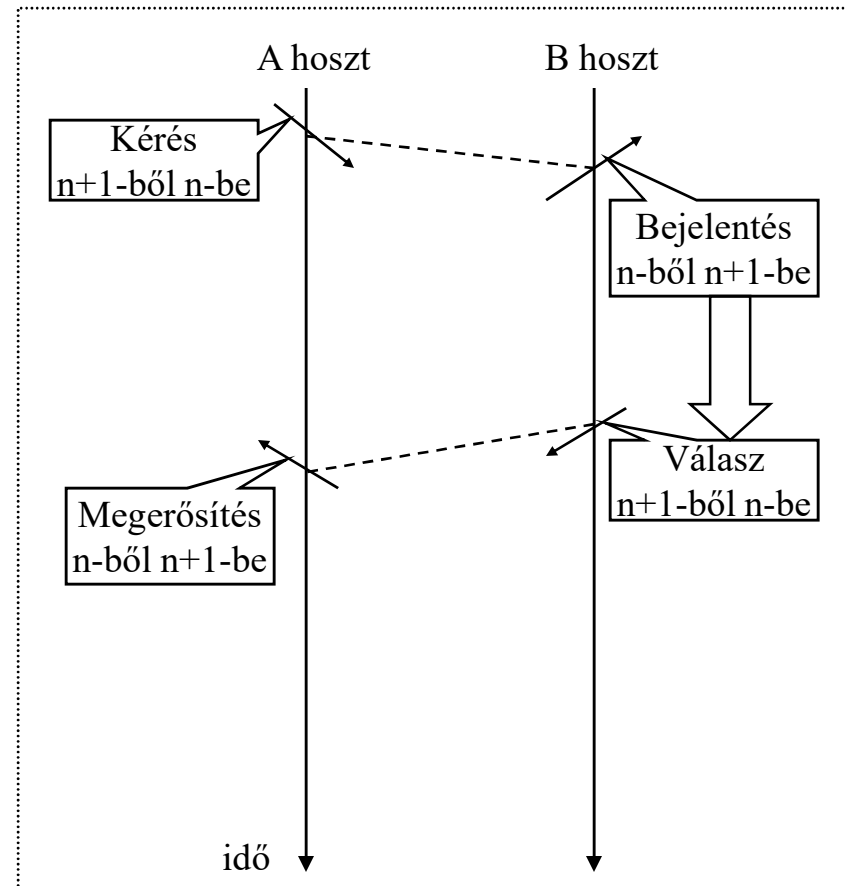
- Valamely szolgálatot primitívek, azaz műveletek halmazával írhatunk le.
- Az OSI modellben 4 primitív osztály:
 - **Kérés** (request): egy funkcionális elem valamely tevékenység végrehajtását kéri (↓).
 - **Bejelentés** (indication): egy funkcionális elemet informálni kell egy eseményről (↑).
 - **Válasz** (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 _{dB}
0	-inf
1	0
10	10
100	20
1000	30

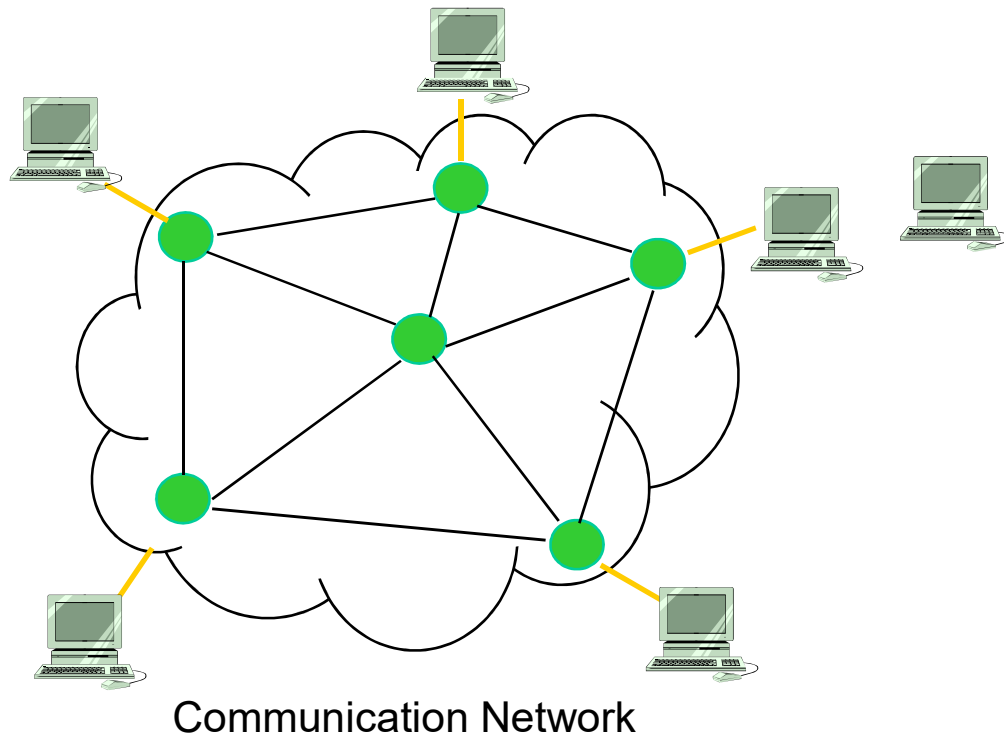
Pl: $H=3000\text{Hz}$; $S/N_{\text{dB}}=30\text{dB}$; ($\log_2 1001=9,967$); $\text{max_seb}=30\text{Kbps}$

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)

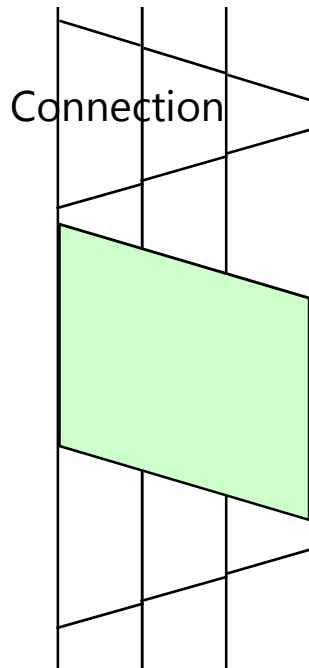
Hálózati végpont

- A végpontok
közötti adatcsere
kapcsoló
csomópontokon
keresztül

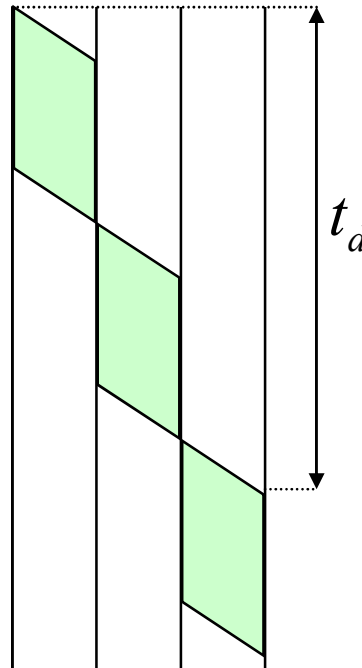
Kapcsolási technológiák

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

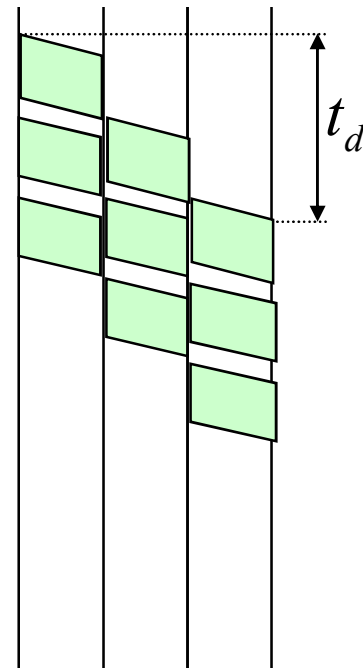
Kapcsolási technológiák



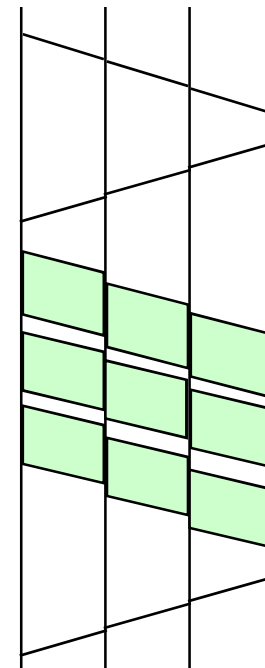
**Circuit
Switching**



**Message
Switching**

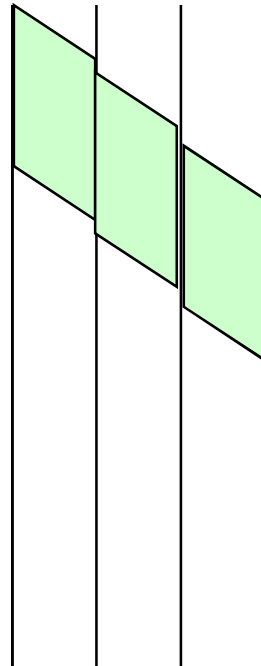


**Datagram
Switching**

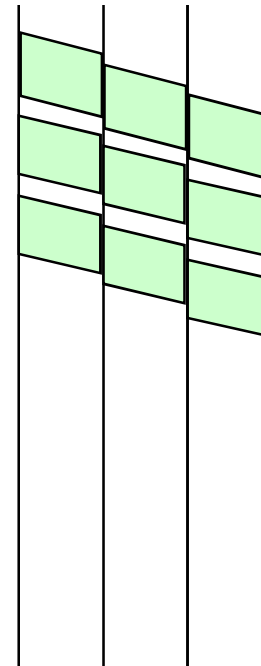


**Virtual Circuit
Switching**

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

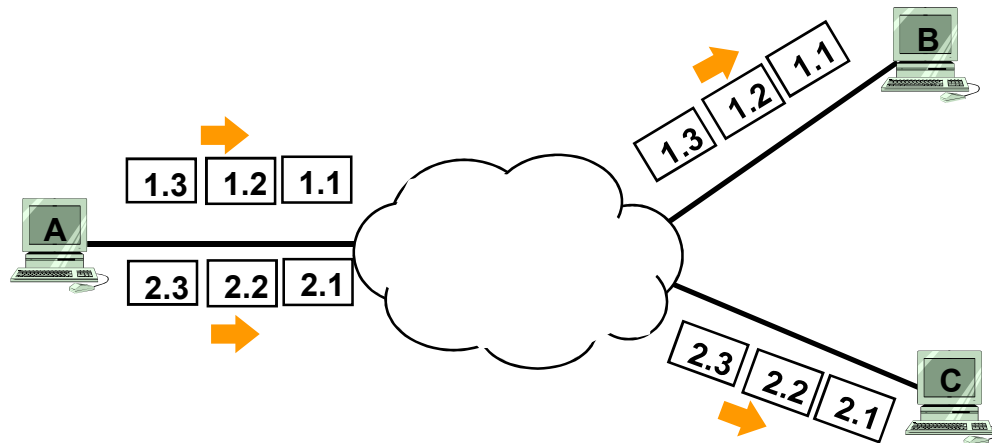
Csomagkapcsolás

- **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 átbocsátóképesség.
 - Lehetőség van az átlapolt működésre (hosszabb üzenet első csomagjait már feldolgozzák, mikor a többit még csak adják).

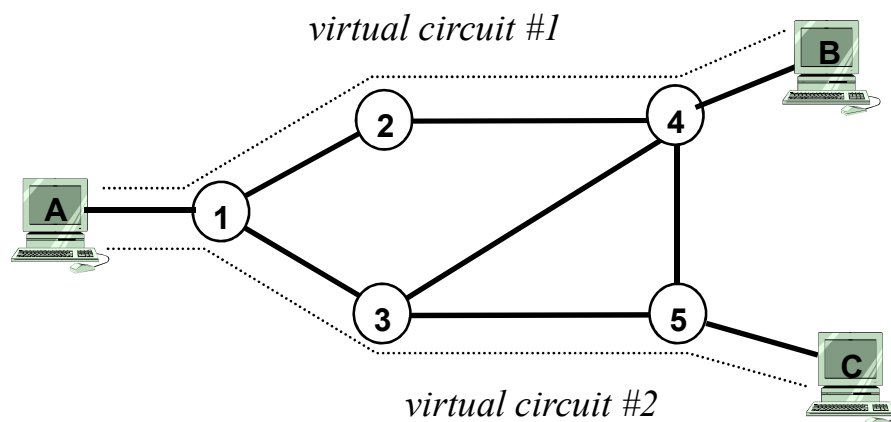
Virtuális vonalkapcsolás

- **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!
- **Szembesítve a datagram kapcsolással:**
 - ennél minden csomag függetlenül továbbítódik,
 - sorrend “felborulhat” (rendező protokoll kell),
 - nem kell kapcsolat felépítés.

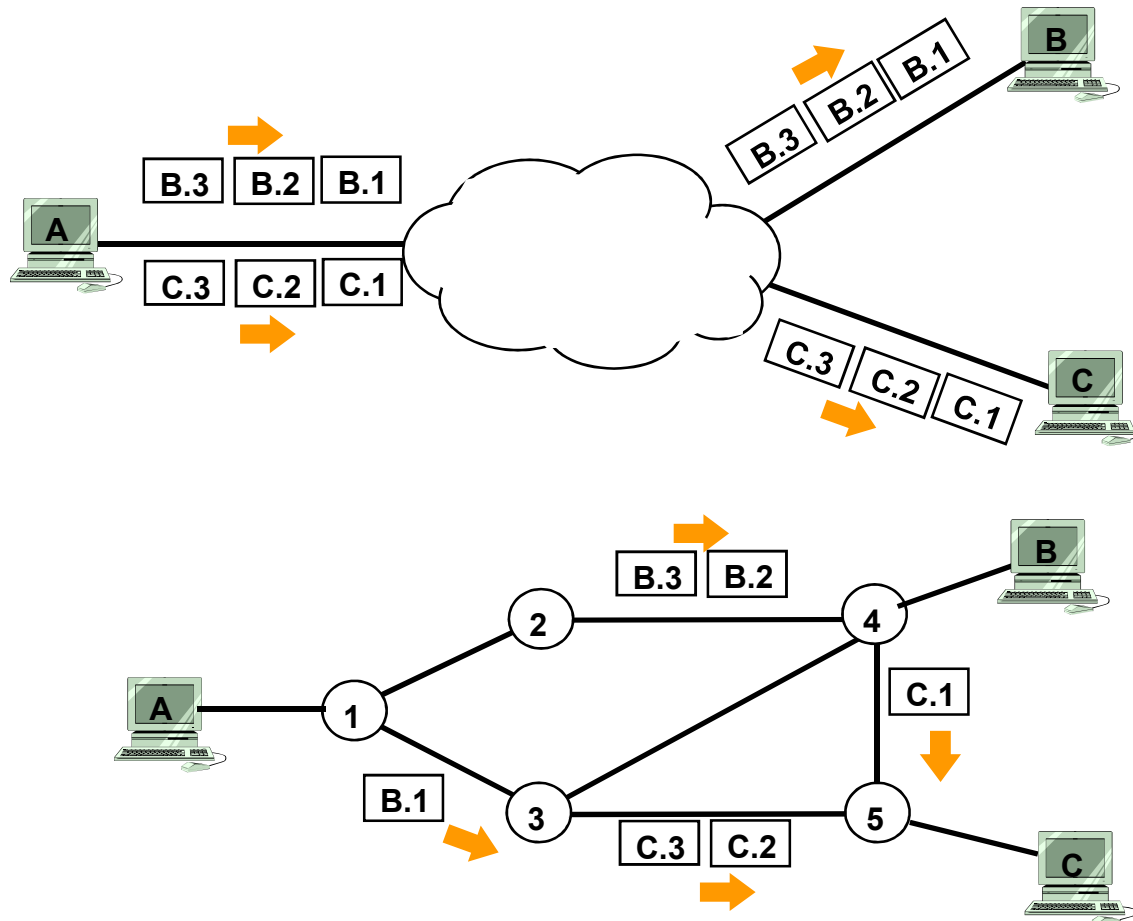
Virtual Circuit Switching



- 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 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

$$3600 \text{ sec}$$

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

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

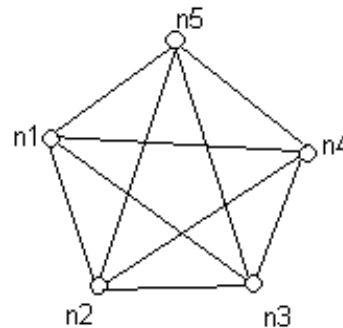
És a jelterjedési sebesség?

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?

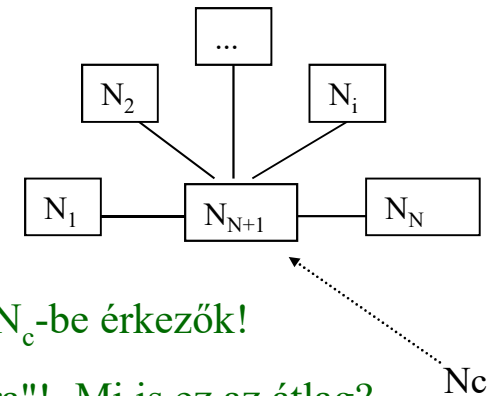
...Bárki ad bárkinek, számoljuk össze az összes ugrásszámot és osszuk el az összes esetszámmal!

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 .

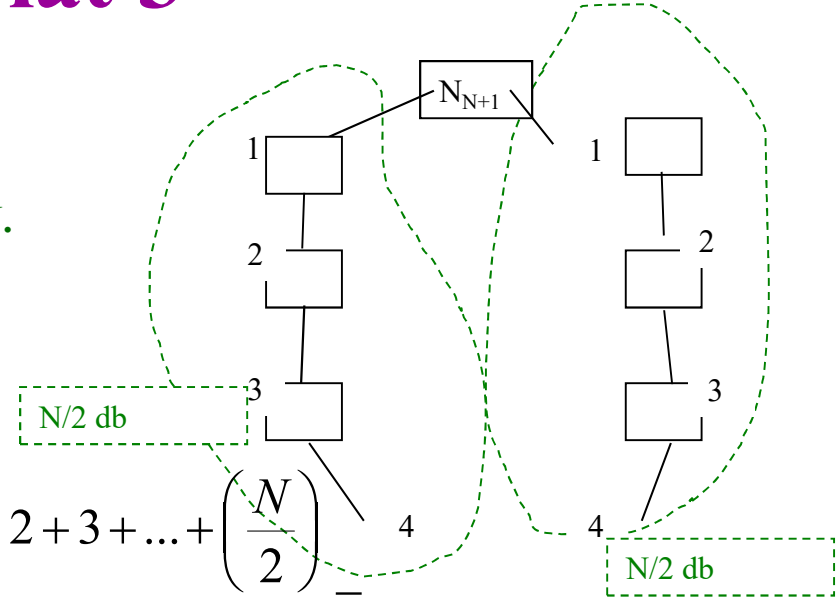
A gyűrű felosztható 2 db, egyenként $N/2$ sorra,

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	∞

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

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:

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

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 $S/N = 100$;

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