

6. Az INTERNET

Ebben a fejezetben az INTERNET néven ismert, az egész világra kiterjedő informatikai szolgáltatás **technológiai háttérébe** szeretnénk röviden bevezetést nyújtani. Célunk az, hogy a számítógép előtt ülve ne csak valamelyik **alkalmazást** lássuk (pld. valamilyen levelező vagy böngésző programot), hanem azokat a folyamatokat is, melyek révén pld. a levél a világ egy távoli pontjába eljut.

6.1. Országos és nemzetközi gerinchálózatok

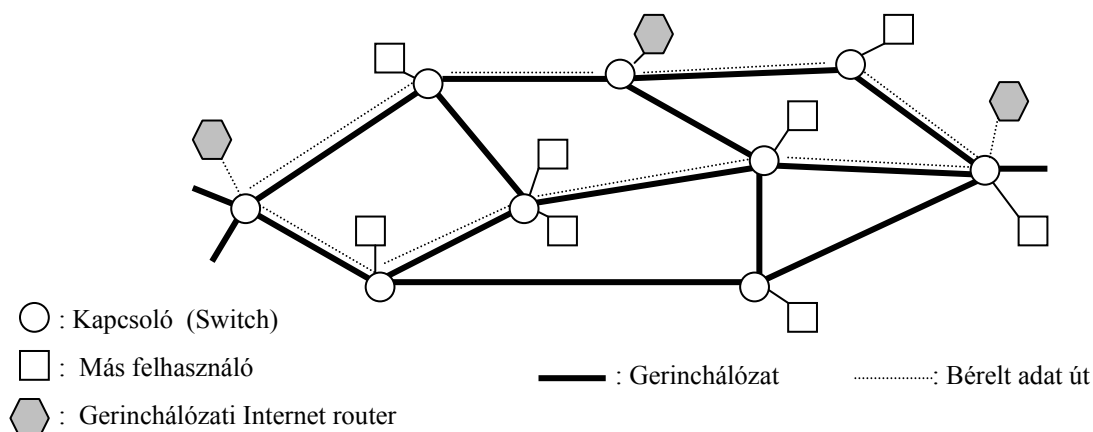
Az INTERNET néven elterjedt sokféle szolgáltatás és hozzáférési lehetőség a távközlési szolgáltató vállalatok által üzemeltetett adatátviteli hálózatok igénybevételén alapszik. Ezek - az eredetileg távközlési céllal kiépített- digitális adatátviteli hálózatok (az un. gerinchálózatok) országos, illetve nemzetközi lefedést biztosítanak. Adatátviteli kapacitásaikat a távközlési vállalatok azonban nem csak saját feladataik ellátására, hanem mások kiszolgálására, így pld. az *Internet szolgáltatók* igényeinek kielégítésére is felhasználják.

A gerinchálózat országos (nemzetközi) méretű gráfot alkot, melynek csomópontjaiban kapcsoló berendezések (switch-ek) helyezkednek el. A kapcsoló berendezéseket nagysebességű digitális vonalak kötik össze, melyek túlnyomórészt kábelek (tipikusan fénykábelek), de egyes szakaszain műholdas (mikrohullámú) összeköttetés is előfordul.

A kapcsolóknak a feladata kettős:

- Egyrészt a helyi szinten jelentkező felhasználók adatait kell **ráhelyezni** (illetve levennie) a nagysebességű vonalakra,
- Másrészt az átmenő forgalomban az adatok **irányítását** kell megvalósítani az egyes bemenetek és a kimenetek között.

Az adatforgalom idő multiplexált (TDM), ami azt jelenti, hogy az egyes felhasználók adatait egyetlen (nagyobb sebességű) adatfolyammá egyesítik (multiplexálják).



A távközlési vállalatok a felhasználókkal kötött szerződésekben rögzített feltételeknek megfelelően biztosítják az átviteli paramétereket (quality of services, QoS).

- a *sávszélességet* (ami most a bit/sec-ban mért adatsebességet jelenti)
- a adatátviteli *hiba valószínűség* és
- az adatátvitel *késleltetésének* kellően kicsi értékét.
- a rendelkezésre állás ill. a kiesési idő arányát stb.

Az előző ábrán azt kívántuk szemléltetni, hogy egy szolgáltatás (esetünkben az INTERNET), hogyan települ rá egy gerinchálózatra. A kapcsolódási pontokban ún. *internet routerek* helyezkednek el, melyek az **internet forgalom** irányítását fogják végezni. Ezek a routerek egy újabb gráf csomópontjait alkotják.

Az összeköttetések a bérelt vonalakon valósulnak meg, ami az **Internet szempontjából fizikai csatornának** tekintendő, mivel feladatuk csupán az, hogy a router adatait transzparens módon, járulékos adatok hozzáadása nélkül továbbítsák a hálózat más pontjain elhelyezkedő routerek felé.

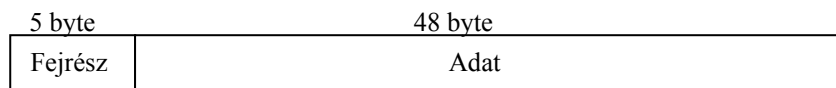
Az Internet szolgáltató által bérelt gerinchálózati összeköttetés *vonalkapcsolt*. Ez azt jelenti, hogy a szolgáltatási igény bejelentése után felépítik a kapcsolatot, az útvonal és a sávszélesség (adatátviteli sebesség) állandó. A számlázás alapja: a szolgáltatási szerződés érvényességének időtartama. A bérelt vonal hátránya, hogy akkor is fizetni kell, ha az Internet szolgáltató nem tudja kitölteni adatokkal a rendelkezésre álló sávszélességet, illetve ha nagyobb az adatátviteli igény mint a sávszélesség, akkor vissza kell utasítania (vagy késleltetnie kell) a jelentkező járulékos igényeket.

A távközlési vállalatok többféle elven működő, egymástól elkülönülő gerinchálózatot üzemeltetnek (ATM, SDH, PDH, Frame-relay, X25, stb). A céljuk az, hogy ezeket gazdaságosan működtessék, kihasználtságuk a lehető legnagyobb legyen. Az alábbiakban a legelterjedtebbnek tekinthető ATM (**A**synchronous **T**ransfer **M**ode) hálózatok működési elvébe teszünk egy kis kitérőt. (Az itt használt elnevezés nem tévesztendő össze a pénzkidó banki automaták hasonló nevű berendezéseivel.)

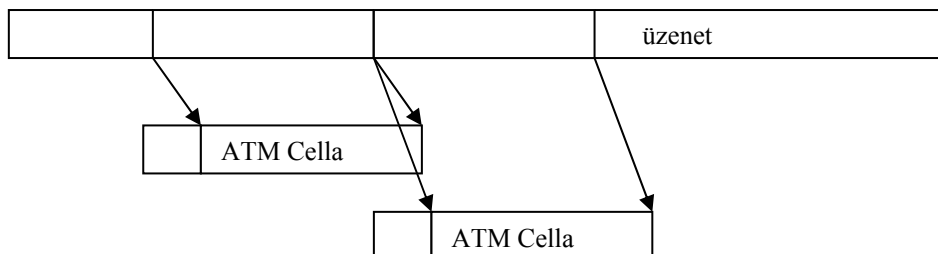
6.1.1. Az ATM hálózatok

Az ATM hálózatok a 80-as évek erőfeszítései nyomán jöttek létre. A cél az volt, hogy a korábbi rendszerekhez képest egy rugalmasabb, a változó adatátviteli igényekhez jobban alkalmazkodó és olcsóbb rendszert hozzanak létre.

Az ATM hálózatokban az információ alap mennyisége a *cella*. Egy cella 53 byte-ból áll, melyből 5 byte a fejrész és 48 byte az adat.



A továbbítandó üzenetet az ATM hálózatra való ráhelyezéskor ilyen cellákra tördelik és azokat fejléccel látják el:

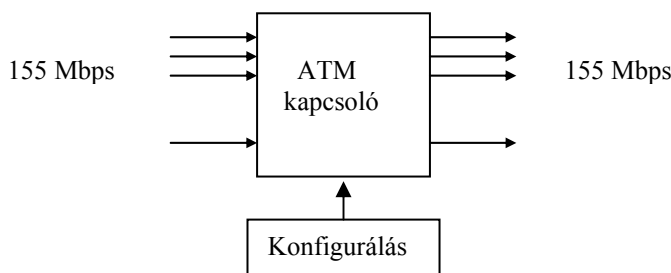


A cella 48 bites adatmezője a PCM telefóniában használt 8 kHz mintavételezési frekvenciához (125 μ sec mintavételi idő) illeszkedik. A 48 byte-on 48 db 8 bites minta tárolható, ami $48 \cdot 125 \mu\text{sec} = 6 \text{ msec}$ még éppen elfogadható értékű késleltetést okoz csak. (A késleltetés abból adódik, hogy meg kell várni 48 mintát, hogy egy cellába betehessük azokat.)

A 40 bites fejléc tartalmaz egy 12 bites útvonal- és a 16 bites csatorna azonosítót. (A többi bit az üzenet típusára vonatkozó információk és a cella kontroll szummájának tárolására van fenntartva.)

A hálózaton a cellák nagysebességű optikai kábeleken (SONET) haladnak. A cellák folytonos adatfolyammá történő egyesítését a hálózat csomópontjaiban elhelyezkedő ATM kapcsolók (switch-ek) végzik el.

Az ATM kapcsoló több ilyen nagysebességű bemenettel és kimenettel rendelkezik. Bizonyos számú bemenet (kimenet) az új adatok befogadására (kicsatolására) szolgál, míg a többi az átmenő forgalom kiszolgálását végzi el.



A kapcsoló bemeneteire érkező adatfolyamok egy-egy átmeneti tárolóba kerülnek. Ezután cellánként a cella útvonal azonosítójának megfelelően átmásolják a cellákat a választott út kimeneti tárolójába, ahonnan majd összeszerkesztett formában ki fog kerülni a nagysebességű kimenetre. A kimeneti adatfolyam állandó sebességű (szinkron), ami azt jelenti, hogy ha az egyik adatirányba esetleg nem jön össze annyi cella ami az átviteli kapacitásnak megfelelő lenne, akkor oda üres cellákat helyez be a rendszer. Az átviteli kapacitást meghaladó torlódás a kapcsolóban nem következhet be, mert ez a szituáció már a konfigurálás során visszautasításra kerül.

A fentebb leírt útvonal irányítási eljárást nevezik *cellakapcsolásnak*. A 16 bites csatorna azonosító az ugyanazon útvonalon haladó, de az egymástól független csatornák megkülönböztetésére szolgál.

A kialakuló adatforgalmi utak a konfigurálással állíthatók, de ezek nem függenek a továbbítandó információ tartalmától. Egy bizonyos konfiguráció az ATM kapcsolók között viszonylag hosszabb időn keresztül fenn áll és ezt csak az üzemeltető tudja módosítani. A módosítás viszonylag egyszerű, járulékos berendezéseket nem igényel.

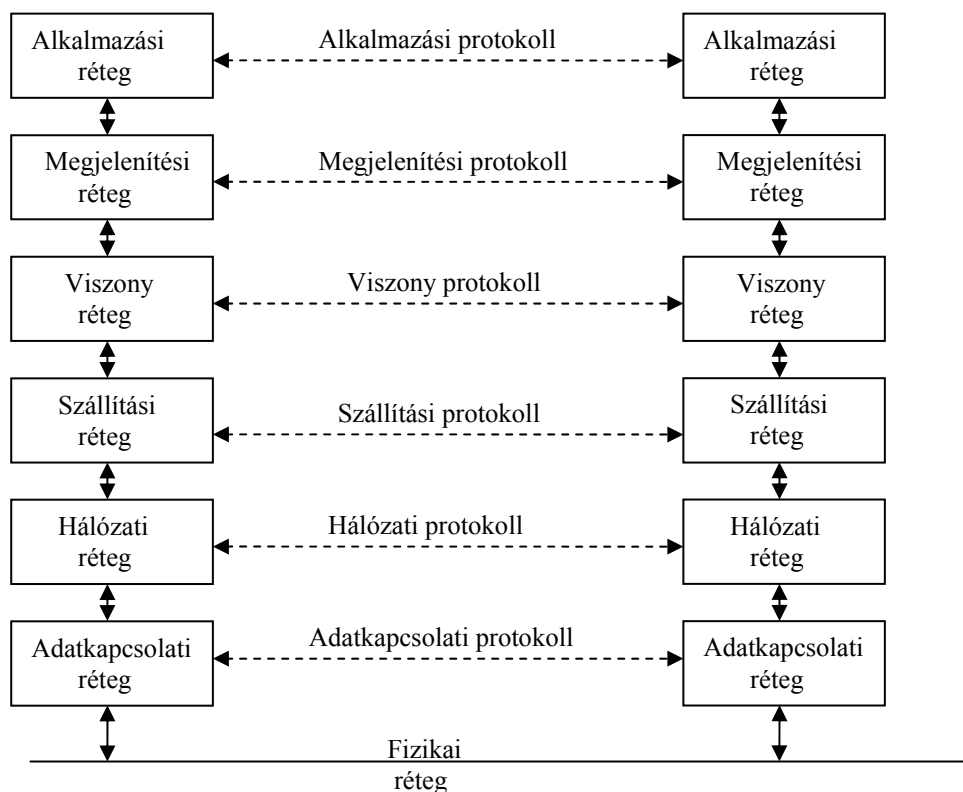
6.2. Számítógép hálózatok

Annak érdekében, hogy a számítógépes hálózatokon keresztül két számítógép együtt tudjon működni nagyon sok feladatot kell megoldani. A feladatok egy részét az adott alkalmazást végző számítógépek (host-ok), más részeket a közbeiktatott hálózatban elhelyezkedő gépek, speciális áramkörök végzik el. Ezért egy nemzetközi szövetet (az ISO : International Standards Organization), egy ajánlást dolgozott ki, mely szerint a felmerülő feladatokat hét csoportba (rétegekre) osztják, melyben minden rétegnek nagyon pontosan körülhatárolt feladatköre van.

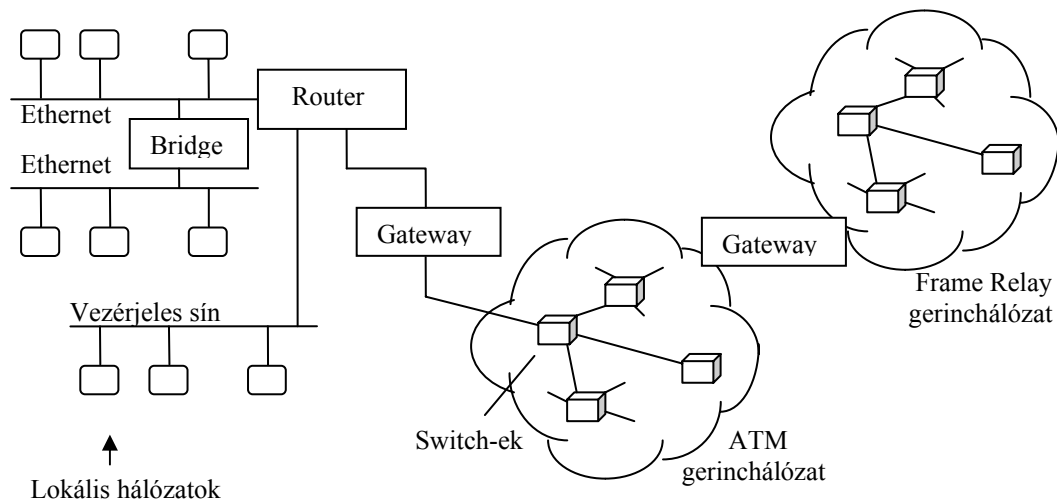
Az ajánlásban (szabványban) definiált hét réteg:

1. Alkalmazási réteg: a felhasználói programok szintje.
2. Megjelenítési réteg: adatformátumok (szöveg, szám, hang, kép, stb.)
3. Viszony réteg: a két végpont közötti gép kapcsolattartását vezérli.
4. Szállítási réteg: A kapott adatokat feldarabolja kisebb egységekre (sorrend !)

5. Hálózati réteg: A hálózaton az adatrányítást végzi.
6. Adatkapcsolati réteg: az adatút egy szakaszán a bitek átvitelét vezérli.
7. Fizikai réteg: a kábelben a bitek továbbítása.



Egy számítógép hálózat felépítése:



A legkisebb egység: a lokális hálózat, néhány számítógépet köt össze.

A bridge: két azonos típusú lokális hálózatot köt össze, adatkapcsolati rétegben használatos címeket használ.

A router: Kettő (vagy több) különböző típusú önálló hálózatot kapcsol össze, hálózati rétegbeli címeket használ, de a protokoll azonos (pld. IP).

A gateway: Két különböző típusú hálózatot kapcsol össze, a címzési módok és a protokollok is mások.

6.3. A lokális hálózatok

Ha több, de nem nagyon sok, (pld. egy iroda) számítógépeit kívánjuk egymással összekapcsolni, már ekkor is célszerű elkerülni azt a módszert, hogy külön vezetékekkel összekössünk minden gépet minden géppel. Sokkal gazdaságosabb, ha egyetlen érpár (kábel) köti össze az összes gépet. Ezt különösebb fennakadás nélkül megvalósíthatjuk, ha arra gondolunk, hogy az egyes gépek idejüknek csak tört részében akarják használni a közös adatátviteli csatornát.

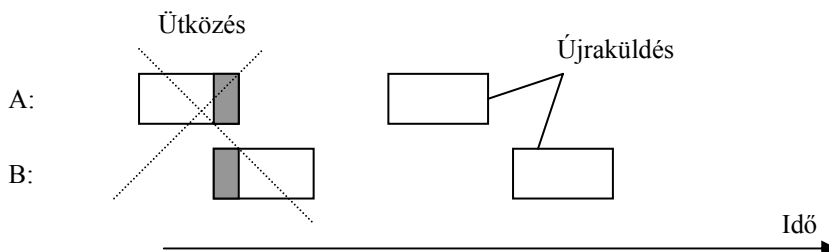
Az ilyen *többszörös hozzáférésű csatornákon* nincs központi hozzáférést vezérlő egység. Hibamentes működés esetén egy állomás ad, az összes többi veszi az adást. Az üzenetben benne van a célállomás címe, így azok a gépek, amelyekre nem vonatkozik az adás, eldobják az üzenetet.

Mivel az igények véletlenszerűen jelentkeznek, így természetesen előfordulhatnak ütközések. Az adást végző gépnek is érdemes a saját adását vennie, ugyanis ha ütközés van, a saját vétel is sérül. Az ütközések elkerülésére, illetve a hibamentes működés biztosítására többféle protokoll ismert.

Az alábbiakban áttekintünk néhány adatkapcsolatbeli rétegben definiált protokollt.

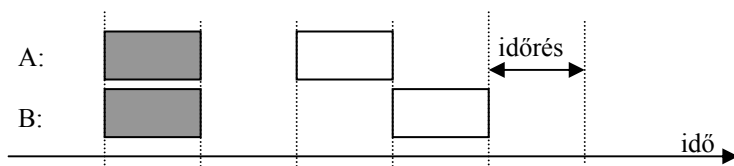
6.3.1. Az egyszerű ALOHA

A felhasználó, ha küldénivalója van, elkezd az adást. Természetesen így ütközések is felléphetnek, ekkor mindkét üzenet sérül. A sérülést mindkét állomás észreveszi, véletlenszerű ideig várakoznak, majd újra próbálkoznak.



6.3.2. A réselt ALOHA

A csatornában az időt diszkrét szeletekre osztják és adást csak ezen időszeletek kezdetén lehet kezdeményezni. Az ütközések valószínűsége ezzel lecsökken, a kihasználtság jobb. Ütközés esetén az eljárás hasonló az egyszerű ALOHA-nál megismerttel.



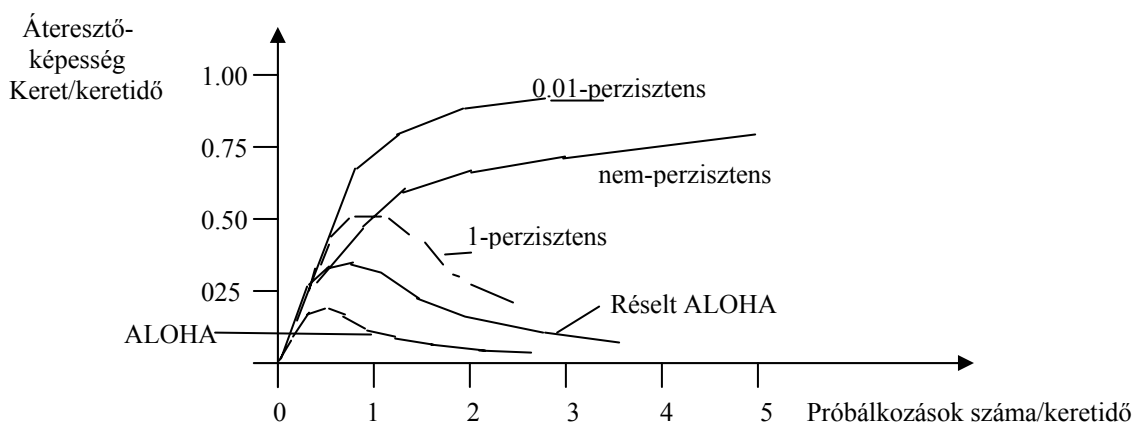
6.3.3. Vivőjel-érzékeléses (perzisztens/nem-perzisztens) protokollok:

A vivőjel-érzékeléses protokollok figyelik a csatornában lévő forgalmat és ennek megfelelően cselekszenek: ha a csatorna foglalt, akkor addig vár, amíg a csatorna szabad nem lesz. Ha az állomás szabad csatornát érzékel, elkezd az adást.

Ha ütközés következik be, akkor az állomás véletlen ideig vár, majd 1 valószínűséggel adni kezd (*1 perzisztens csatorna*) (persistent: kitartó).

A *nem-perzisztens* protokollban figyeljük a csatornát és ha foglalt, abbahagyjuk a figyelést. Véletlenszerű ideig várakozunk, majd újra kezdjük a figyelést. A csatorna kihasználtság javul, a késleltetés növekszik.

A *p-perzisztens* protokoll réselt ALOHA típusú. Ha az időzés szabad, p valószínűséggel elkezd az adást, vagy $1-p$ valószínűséggel visszalép a szándékától a következő időzés kezdetéig. A csatorna kihasználtság javul, a késleltetés növekszik.



6.3.4. A vezérjeles sín (Token Bus, IEEE 802.4)

A vezérjeles sít használó lokális hálózat egy lineáris kábelre csatlakozó állomásokból áll, amelyek logikai gyűrűbe vannak szervezve. Minden állomásnak sorszáma van, a sorszámok adják a logikai sorrendet. A fizikai sorrend tetszőleges. Az adás jogát az az állomás szerzi meg, amelyik a vezérjelet birtokolja. Az adás befejeztével a vezérjel továbbadásra kerül a logikai sorrendnek megfelelően. Ütközés így természetesen nem fordulhat elő.

6.3.5. A vezérjeles gyűrű (Token Ring, IEEE 802.5)

Az állomások egy gyűrű alakú kábelre vannak felfűzve. Akinél az adás joga (a token) van, az bocsátja ki az adatokat a gyűrű adás oldali kimenetére. A szomszédos állomás elveszi az adatokat a gyűrűről (a vételi oldalon) és tovább adja a következő szomszédnak. Az adatok így körbe járnak a gyűrűn elérve a kibocsátó állomást, amelyik végül eltávolítja azokat. (Egyben ellenőrizheti, hogy a sok ismétlés alatt nem sérült-e meg az adatfolyam.)

Az adatok a fentebb leírt módon eljutnak a cél állomáshoz, amelyik felismeri a saját címét és nem csak ismétli, hanem le is veszi azokat a gyűrűről.

A vezérjel az adás befejezése után a fizikai szomszédnak kerül átadásra. Ha az nem kíván adni, akkor tovább adja a vezérjelet.

6.3.6. Az Ethernet: (IEEE 802.3. szabvány)

A leginkább elterjedt lokális hálózat. (Az Egyetemünkön is ezzel találkozunk az irodákban, laborokban).

Vivő- és ütközés-érzékeléses, 1-perzisztens protokoll. Az adatátvitel sebessége 10Mbit/sec. Egy szegmens maximálisan 200 m hosszú lehet és 30 állomás csatlakoztatható rá. Több szegmenst u.n. ismétlőkkel lehet összekötni (négy ismétlőnél több nem lehet).

Az Ethernet hálózatokban a kábelben differenciális Manchester kódolást alkalmaznak.

Egy üzenet felépítése:

7	1	6	6	2	46-1500	4 byte
Előtag	Keret kezdet	Cél cím	Forrás cím	Hossz byte	Adatok	Ellenőrző összeg

Előtag: 10101010 (7-szer)

Keret kezdet: 10101011

Ha egy számítógépet az Ethernet hálózatra akarunk csatlakoztatni, akkor abba egy u.n. hálózati kártyát kell beilleszteni, és a megfelelő szoftver eszközöket is telepíteni kell. A kártya a számítógéppel a belső csatlakozóján (busz-rendszerén), a hálózattal a külső csatlakozóján keresztül hozza létre a fizikai kapcsolatot.

A hálózati kártyák címei egyediek. A hálózati kártyagyártók beleégetik a kártya memóriájába a saját címet, amit a kártyát kezelő (hálózati rétegű) szoftver is el tud olvasni. (Elvileg 2^{48} ($6 \cdot 8 = 48$) különböző kártya létezhet.) A többi kártya címét a rendszer felügyelő juttatja el a többi gépre.

Hátrányai:

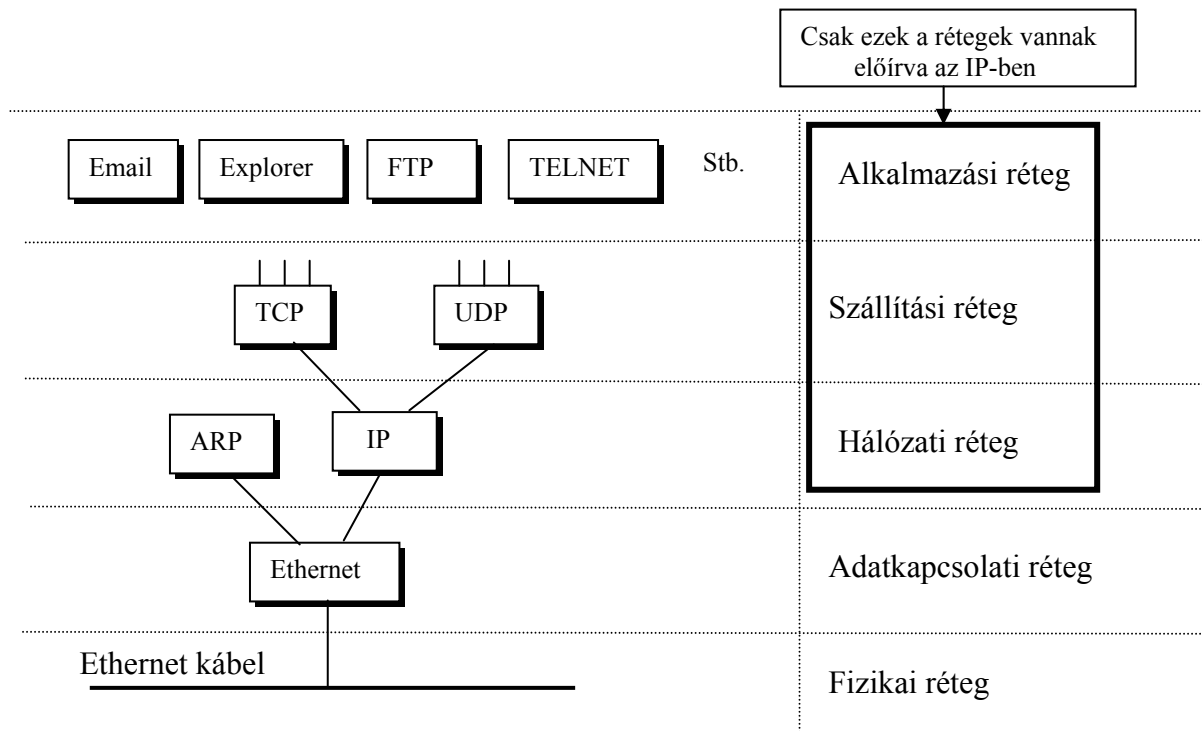
- Valós idejű alkalmazásokban nem használható, mivel előfordulhat a megengedhetetlen hosszú késleltetés.
- Az egyes állomásoknak nincs prioritásuk (ami bizonyos alkalmazásokban jól jönne).

6.4. Az INTERNET

Az INTERNET olyan összetett rendszer, amelyen nagyon sokféle felhasználás, nagyon sok gyártó által készítve, nagyon változó körülmények között kell hogy működjön. A működés csak úgy jöhetett létre, hogy a működésre egy általános sémát állítottak fel, majd azt nagyon pontosan behatárolt *rétegekre* bontották. Definiálták az egyes rétegek feladatait, az illeszkedés szemantikáját és szintaktikáját, melyek azután szabványosításra kerültek. Ezekkel a szabványokkal lehetett elérni, hogy a különböző gyártók különböző (hardver és szoftver) termékei sikeresen együttműködjenek.

6.4.1. Az INTERNET hivatkozási modellje:

1. Alkalmazási réteg: A felhasználói programok szintje.
2. Szállítási réteg: A teljes üzenet hibamentes átviteléért felelős.
3. Hálózati réteg: Felelős a forrásállomástól eljuttatni a célállomásig az adatokat.
4. Adatkapcsolati réteg: Fizikai réteg forgalmának szervezése.
5. Fizikai réteg feladata: A bitek továbbítása a fizikai csatornában.



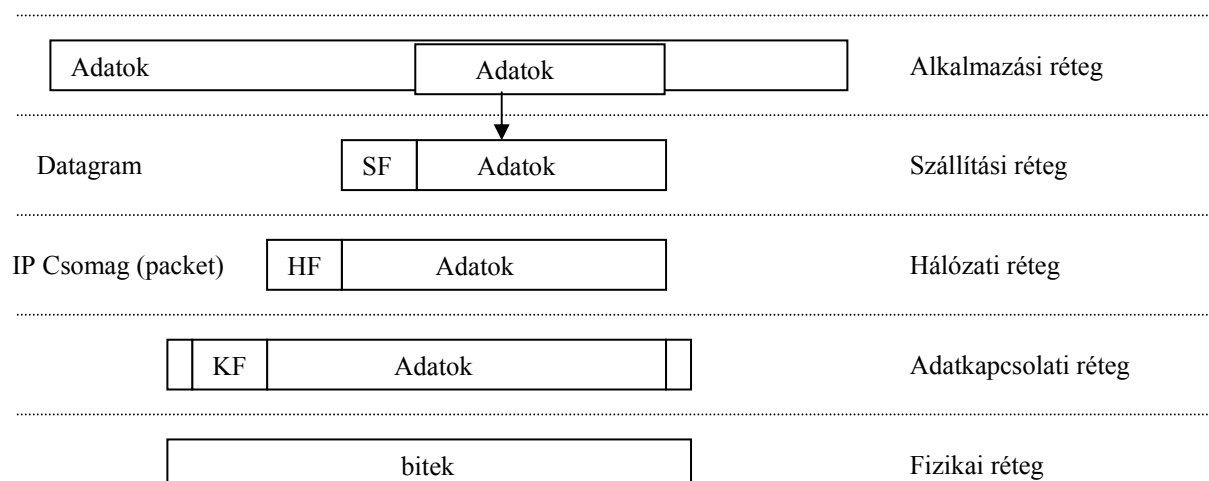
E-mail, Explorer, FTP (File Transfer Protokol), TELNET: felhasználói programok
 TCP(Transmission Control Protokol), UDP (User Datagram Protokol)
 ARP (Address Resolution Protokol), IP (Internet Protokol)

Az adatkapcsolati és a fizikai réteget az INTERNET protokoll nem írja elő, csak a kapcsolódás (az interface) mikéntje van rögzítve. Az Ethernet gyakori, de nem kötelező. Más lokális hálózaton is működhet az INTERNET .

Egy adott számítógépen telepítve az ezen hierarchiához tartozó program rendszert érjük el azt, hogy a gép felkészült az INTERNET használatára.

6.3.2. A rétegek közötti adatforgalom:

A szállítási réteg az adatokat csomagokra bontja, és fejléccel látja el, hogy újra össze lehessen rakni azokat. A további rétegek további fejléccel bővítik az adat csomagokat.



6.4.3. Az INTERNET címek

Minden számítógépnek van egy hálózati címe (IP cím), ami a hálózathoz van rendelve (a hálózat üzemeltető adja) és egy Ethernet címe, ami a gépben lévő hálózati kártyához van rendelve (a kártya gyártó adja). **Mindkét cím egyedi** (Nincs két egyforma című kártya és hálózati cím). Az IP címet a hálózati réteg, a hálózati kártya címet az adatkapcsolati réteg használja.

A 4 bájtos IP címeket 3 osztályba sorolhatjuk (A,B,C). Minden IP cím 3 részből áll: 1. osztály azonosító, 2. hálózat cím, 3: lokális (host) cím.

Osztály:	1 byte	1 byte	1 byte	1 byte	Címtartomány:
A:	0	Hálózat	Host		1.0.0.0– 127.255.255.255
B:	10	Hálózat	Host		128.0.0.0– 191.255.255.255
C:	110	Hálózat	Host		192.0.0.0– 223.255.255.255

A hálózat címet nemzetközi szervezet osztja ki, a host címet a lokális hálózatot üzemeltető.

Az IP cím 4 bájtos, a szokásos jelölés: **223.1.2.1** (Decimális, 0-255)

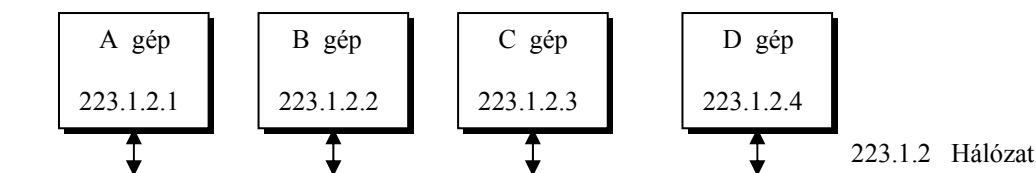
Az ENET cím 6 bájtos, a szokásos jelölés: **08-00-39-00-2F-CF** (Hexadecimális)

Az IP címek címek eredetileg nem jelentettek földrajzi megkülönböztethetőséget. Ma már ez törekvés, de a hálózaton történő adat irányítás nem ezen az elven alapszik. (lásd alább).

6.3.4. IP alapú direkt forgalom irányítás

A hálózaton a forgalom irányításáért a **hálózati réteg** a felelős. Ebben a rétegben olyan adatbázisok helyezkednek el, amelyek IP és ENET címeket tartalmaznak. Adat továbbítás esetén ebben a rétegben történik a felülről jövő IP címhez az ENET cím hozzárendelése, majd továbbítása az adatkapcsolati réteg felé. Ezt a mechanizmust vizsgáljuk meg először, egy lokális hálózaton belül (direkt forgalom irányítás).

A hálózat topológiája:



Amikor egy csomagot el akarunk küldeni, hogyan lesz meghatározva a célgép ENET címe?

A cím lefordítása az IP modulban történik, táblázat segítségével.

IP cím	ENET cím
223.1.2.1	08-00-39-00-2F-C3
223.1.2.3	08-00-5A-21-A7-22
223.1.2.4	08-00-10-99-AC-54

Mi történik akkor, ha a táblázatban nem található meg a keresett cím (pld.: 223.1.2.2)?

A küldő gép az IP csomagot félre teszi, és egy **ARP kérés** csomagot generál és ezt az ENET hálózat minden címére elküldi:

Küldő IP cím:	223.1.2.1
Küldő ENET cím:	08-00-39-00-2F-C3
Cél IP cím:	223.1.2.2
Cél ENET cím:	üres

Amelyik gép az ENET hálózaton ráismer a saját IP címére az automatikusan válaszol az alábbi fomátumban:

Küldő IP cím:	223.1.2.2
Küldő ENET cím:	08-00-28-00-38-A9
Cél IP cím:	223.1.2.1
Cél ENET cím:	08-00-39-00-2F-C3

Az első gép veszi ezt az üzenetet és felfrissíti a saját táblázatát:

IP cím	ENET cím
223.1.2.1	08-00-39-00-2F-C3
223.1.2.2	08-00-28-00-38-A9
223.1.2.3	08-00-5A-21-A7-22
223.1.2.4	08-00-10-99-AC-54

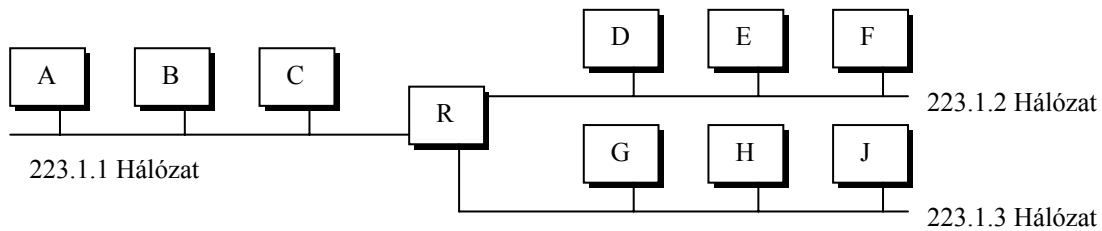
Ezen automatikus művelet sor után előveszi a félretett IP csomagot, és elküldi az adott ENET címre.

Ha az ARP kérésre nem érkezik válasz, az IP modul eldobja a csomagot és a felette lévő rétegnek hibaüzenetet küld: a címzett ismeretlen.

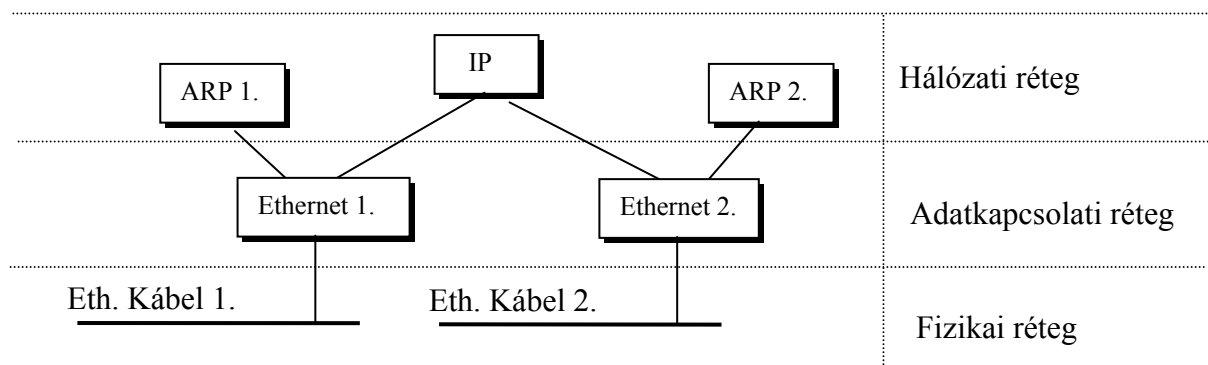
Megjegyezzük, hogy ilyen egyszerű struktúra esetén az Internet protokoll használata teljességgel feleslegesnek tűnik.

6.3.5. *Indirekt adatirányítás* (Indirect routing)

Az egyszerű hálózat után tekintsünk egy realisztikusabb internet hálózatot, amelyik már pld. három lokális alhálózathból áll. Legyen mindegyik alhálózaton pld. három gép (host-ok) A hálózatokat *a router* egyesíti internet hálózattá:



Az (Internet) router egy számítógép, amelyik legalább kettő (de inkább több) fizikai hálózattal tart kapcsolatot. A hierarchia hasonló a korábban megismerttel (a szállítási és az alkalmazási réteg hiányzik). Minden hálózat felé rendelkezik egy IP és egy ENET címmel. Pld. egy 2 Ethernet hálózathoz csatlakozó router 2 IP címmel és 2 ENET címmel bír:



Direkt adat irányítás pld: $A \rightarrow B$, $A \rightarrow R$, $D \rightarrow F$, $R \rightarrow E$

Indirekt adat irányítás pld: $A \rightarrow E$, $G \rightarrow D$, $C \rightarrow F$, $D \rightarrow J$

Direkt adat irányításkor:

Cím	Forrás	Cél
IP fejlécben	A	B
ENET fejlécben:	A	B

azonos

Indirekt adat irányításkor $A \rightarrow E$ két lépésben: 1. $A \rightarrow R$ 2. $R \rightarrow E$

az A gép:

Cím	Forrás	Cél
IP fejlécben	A	E
ENET fejlécben:	A	R

különböző

a router:

Cím	Forrás	Cél
IP fejlécben	A	E
ENET fejlécben:	R	E

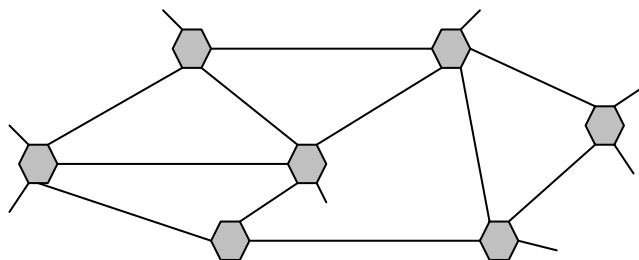
különböző

Az adatirányítás a router IP moduljában történik meg, a felsőbb rétegek (szállítási, alkalmazási réteg) számára az egész irányítási eljárás rejtve marad.

6.3.6. A világháló (World Wide Web)

Az INTERNET nagyszerűsége a világméretű hálózat elérésében rejlik. A világhálóra való csatlakozást *internet szolgáltató vállalkozások* biztosítják, akik olyan routereket üzemeltetnek, melyek a lokális hálózatokkal való kapcsolattartás mellett az országos (majd ezen keresztül a nemzetközi) gerinchálózatra is rákapcsolódnak.

A gerinchálózati routerek a világhálót kialakító gráf csomópontjaiban helyezkednek el:



A gerinchálózati routerek adatkapcsolati rétege egyrészt a gerinchálózati bérelt vonalakkal tartja a kapcsolatot, másrészt a helyi internet szolgáltatók felé irányuló vonalakkal. A gerinchálózatra felé irányuló kapcsolatban tipikusan protokoll váltás is bekövetkezik, ami járulékos berendezéseket (gateway) is megkövetel.

A gerinchálózati routerek **hálózati rétege végzi a forgalom irányítását**. Az IP címeket tartalmazó táblázatai alapján a gerinchálózati vonalakról ill. a helyi szolgáltatóktól érkező csomagokat (melyek a cél állomás címeit tartalmazzák) afelé a gerinchálózati vonal felé irányítja amelyik a jó irányba elhelyezkedő router felé vezet.

Mint látni fogjuk a szállítási réteg a továbbítandó üzeneteket csomagokra bontja és ezeket a csomagokat adja át a hálózati rétegnek. A hálózati rétegben minden csomag megkapja a célállomás internet címét és így adódik át az adatkapcsolati rétegnek, amelyik ezután ráteszi a csomagot az adatvonalra. Így minden csomag önállóan találja meg a célállomást. Ezt az eljárást nevezzük *csomagkapcsolásnak* (packet switching).

A csomagok a nagy kiterjedésű hálón sok routeren haladnak keresztül, míg elérik a céljukat. Az irányítás tehát **nem egy központi helyről** történik, hanem minden router csak a következőnek adja át a csomagokat a táblázataik tartalma szerint. Az irányítás attól is függ egy (elég magas szinten elhelyezkedő) routerben, hogy a több lehetséges alternatíva közül azt az utat választja ez a router, amelyiknek a terhelése kisebb. Mivel ez az adat időről időre változik, nagyon is elképzelhető, hogy az egy alkalmazáshoz tartozó csomagok (legalábbis részben) más-más hálózat részekén teszik meg az utat a célállomás felé.

A router irányítási táblázatokat alkalmaz (Routing Tables) Mekkora táblázatok szükségesek?

Elvileg $2^{32} \sim 4$ milliárd IP cím létezhet. A gerinchálózati routerek azonban csak a hálózat címeket tartalmazzák (a host címeket nem figyelik). Még így is előfordul az az eset, hogy a hálózat cím egy adott routerben nem szerepel. Ilyenkor egy alapértelmezett (nagyobb kapacitású) router felé történik meg az irányítás.

Amikor egy IP csomag egy routeren keresztül halad, a fejlécben szereplő élettartam számláló értéke eggyel csökken. Ha ez a számláló eléri a zérust, a csomag eldobásra kerül, megelőzve ezzel a végtelen idejű bolyongást a hálózaton.

A hálózatok hierarchiájában felfelé haladva, a router táblázatok is nagyobbak. Ezen táblázatok tartalmai egyre bővülnek, mivel a szomszédos routerek időnként (automatikus eljárás révén) információt cserélnek (bővítik a táblázataikat).

6.3.7. A szállítási réteg (UDP,TCP):

E két modul (User Datagram Protokol, Transmission Control Protokol) a felhasználói programok és az IP modul közötti kapcsolattartást szolgálják.

TCP: Kapcsolat orientált protokoll, ami azt jelenti, hogy a két gép TCP modulja között egy virtuális összeköttetés jön létre, melyben **minden csomag kézbesítése garantált**. A kapcsolat kétirányú és egyidejű.

A TCP beérkező csomagokat sorrenbe rakja. Ha egy csomag hibás, vagy nem érkezett meg (ami a sorszámokból kiderül) rendelkezik az újraküldésről. Ennek megfelelően a TCP lassú, de megbízható. Pld. az FTP (File Transfer Protokol) TCP-t használ (az átküldött file nem lehet hibás).

UDP: Nem kapcsolat orientált protokoll. A felhasználói program adataiból u.n. datagramokat képez, majd ezek gyors átvitelét valósítja meg. Mindegyik datagram kézbesítése **nincs garantálva**.

Pld. ha hang vagy kép átvitel van valamilyen multimédiás alkalmazásban és ha elvesz egy-egy rövid rész, az még nem túlságosan zavaró. Vételi oldalon a datagramokat fogadja és kiszámítja az ellenőrző összeget. Ha ez nem egyezik a datagram fejlécében elküldötttel, akkor eldobja a hibás datagramot.

A host gépen több felhasználói program is futhat egyszerre, amelyek mindegyike használja az Internetet. A szállítási réteg feladata a különböző alkalmazások felé a beérkező datagramok szétválogatása.