

Irodalomjegyzék

1. Andrew S. Tanenbaum: Computer Networks, 4th Edition, Prentice-Hall, 2003.
2. Andrew S. Tanenbaum: Számítógép-hálózatok, 4. kiadás, Panem-Prentice Hall Könyvkiadó Kft. 2003.
3. Fred Halsall: Data Communications, Computer Networks and Open Systems, Fourth Edition. Addison-Wesley Publishers Ltd. 1996.
4. Géher Károly: Híradástechnika, Műszaki Könyvkiadó, 2000.
5. Schubert Tamás: Számítógép-hálózatok oktatási segédlet, BMF, TEMPUS SJEP-12435-97.
6. Stephen A. Thomas: IP kapcsolat és útválasztás, John Wiley & Sons – Kiskapu Kft, 2002.
7. William Stallings: Data and Computer Communications, 7th Edition. Prentice-Hall, 2003.
8. Stan Schatt: Hogyan működik az ATM, Panem-McGraw Hill, 1998.
9. Szabó Zoltán: Szélessávú adatátvitel telefonvezetéken: DSL-technológia, Rádiótechnika Évkönyv 2003, 14.-22. oldal, 2003.
10. RFC Dokumentumok – <http://www.rfc-editor.org>
11. Oktatási segédlet (slide-ok): <http://irh.inf.unideb.hu/user/almasi/cn/>

I. - Számítógép-hálózatok alapfogalmai

Számítógép-hálózat

Számítógép-hálózat:

- Számítógéprendszerek valamilyen információátvitellel megvalósítható cél érdekében történő (hardveres és szoftveres) összekapcsolása.

Célok:

- Erőforrás megosztás.
- Megbízhatóság növelése.
- Sebességnövelés.
- Emberi kommunikáció.

Számítógép-hálózatok osztályozása méretük szerint

Kiterjedés	Megnevezés
< 1m	Multicomputer
1 km	Helyi hálózat (LAN)
10 km	Városi hálózat (MAN)
100 km <	Nagy kiterjedésű hálózat (WAN)

Számítógép-hálózati csomópont

Csomópont (node):

- Önálló kommunikációra képes, saját hálózati címmel rendelkező eszköz (Pl. számítógép, nyomtató, forgalom-irányító).
Egy kommunikációban egy csomópont működhet adó (forrás) illetve vevő (nyelő) funkcióval.

Jel, jelkódolás, moduláció

Jel: Helytől és időtől függő, információt hordozó fizikai mennyiség(ek). Információ hordozó a kommunikációs csatornán, lehet analóg vagy digitális.

Jelkódolás: A (digitális) információ leképezése (digitális) vivőjelre (pl. feszültségszintekre, feszültség szint váltásokra).

Moduláció: Analóg vivőjelre történő leképezés. A csatornába kerülő (modulált) jel előállítását a forrásból érkező moduláló-jelből és az analóg vivőjelből. Inverz folyamata a demoduláció. A modem a modulációt és demodulációt végző berendezés.

Adatátviteli közeg, Csatorna, Ütközés

Adatátviteli közeg (média, vonal):

- Olyan eszköz, anyag, közeg melyen keresztül az információ (jel) továbbítása történik. (Pl. csavart pár, koax kábel, optikai kábel vagy levegő).

Adatátviteli csatorna:

- Jelek továbbítására szolgáló adatút, frekvenciasáv. Gyakran az adatátviteli közegen több csatornát (adatutat) építenek ki.

Ütközés:

- Ütközésről beszélünk, ha egy közös adatátviteli csatornán két (vagy több) csomópont egy időpillanatban továbbít információt.

Adatátviteli sebesség

Adatátviteli sebesség (hálózati sebesség, bit ráta):

- Időegység alatt átvitt információ mennyisége.
Mértékegysége a bit/másodperc, b/s, bps.
- Nagyobb egységek:
 - 1 Kbps = 1000 bps
 - 1 Mbps = 1000 Kbps
 - 1 Gbps = 1000 Mbps

Modulációsebesség

Modulációsebesség (jelváltás sebesség):

- Időegység alatt bekövetkező jelváltások száma.
Mértékegysége a jelváltás/másodperc (baud).
- A modulációsebesség és az adatátviteli sebesség
(természetesen) különböző mennyiségek mérésére szolgál.

Információátviteli kapcsolatok

Pont-pont kapcsolat:

- Ha az információközlés csak két pont (egy adó és egy vevő) között zajlik, akkor pont-pont kapcsolatról beszélünk.

Többpontos kapcsolat, üzenetszórás:

- Többpontos kapcsolatról (pl.) akkor beszélünk, ha egy adó egyszerre több vevőt lát el információval.
Az üzenetszórás olyan többpontos kapcsolat, ahol az adótól egy bizonyos hatósugáron belül minden vevő megkapja az információt (pl. rádiós műsorszórás).

Információátvitel irányítottság

Egyirányú (szimplex) összeköttetés:

- Ha két kommunikációs pont között az információközlés csak egy irányban lehetséges, akkor egyirányú (szimplex) összeköttetésről beszélünk (pl. rádiós műsorszórás).

Váltakozó irányú (halfduplex) összeköttetés:

- Az információátvitel mindkét irányban lehetséges, de egy időpillanatban csak az egyik irányban (pl. CB rádió).

Kétirányú (full duplex) összeköttetés:

- Az információátvitel egy időpillanatban mindkét irányban lehetséges (pl. telefon).

Kapcsolási módok

Vonalkapcsolt (áramkörkapcsolt) technológia:

- Az információátvitel előtt dedikált kapcsolat (kommunikációs áramkör) épül ki a két végpont között, s ez folyamatosan fennáll, amíg a kommunikáció tart.

Üzenetkapcsolt (store-and-forward) technológia:

- Nem épül ki áramkör, hanem a teljes üzenet kapcsolóközpontról kapcsolóközpontra halad, mindig csak egy összeköttetést terhelve.

Csomagkapcsolt technológia:

- Az információt (korlátozott maximális méretű) részekre (csomagokra) darabolják, s a csomagokat (mint önálló egységeket) üzenetkapcsolt elven továbbítják.

Címzési alapfogalmak

Egyedi cím (Unicast):

- Egy csomópont egy hálózati csatlakozójára (interfészére) vonatkozó azonosító.

Bárki cím (Anycast):

- Interfészek egy halmazát (tipikusan különböző csomópontokon található interfészek halmazát) azonosító cím. Ha egy csomagot egy „anycast címre” küldünk, akkor a halmazból egy interfészre (célszerűen a legközelebbire) kell eljuttatni.

Címzési alapfogalmak

Többes cím (Multicast):

- Interfészek egy halmazát vagy csoportját (tipikusan különböző csomópontokon található interfészek csoportját) azonosító cím. Ha egy csomagot egy „multicast címre” küldünk, akkor a csoport minden elemére el kell juttatnunk.

Mindenki cím (Broadcast):

- Egy tartományon (ún. broadcast domain) belül elhelyezkedő valamennyi csomópontot (ill. csomópontok interfészét) azonosító cím. Logikailag speciális multicast címnek is felfogható (a csoport a broadcast domain valamennyi interfészét magába foglalja).

Számítógép-hálózati protokoll

Protokoll:

- Szabályok és konvenciók összességének egy formális leírása, mellyel meghatározzák a hálózati eszközök (csomópontok) kommunikációját (kommunikációs szabályok halmaza).

Rétegelt hálózati architektúra

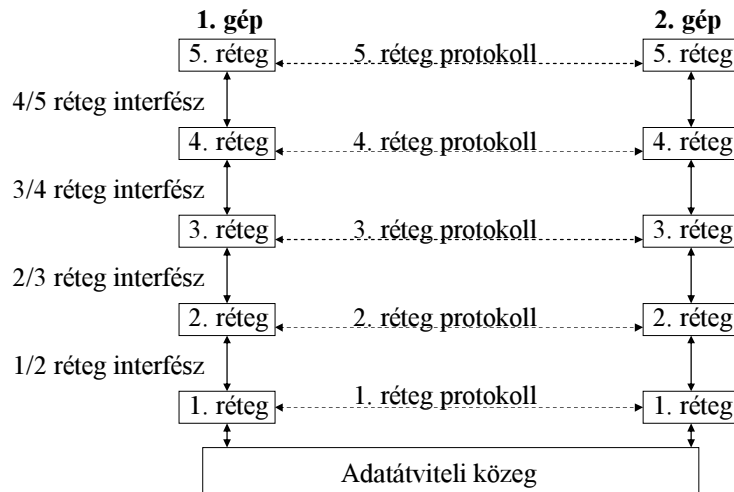
Rétegelt hálózati architektúra

Miért kell a hálózati kommunikációt rétegekre (szintekre) bontani?

Miért nem adjuk meg egyben a kommunikációt leíró protokollt?

- Protokoll megadása nehéz, komplex feladat.
- Egy hierarchikus rendben felépített protokoll-rendszer könnyebben kezelhető, áttekinthetőbb.
- Könnyebben implementálhatók, követhetők a változtatások.
- A rétegek (szintek) együttműködhetnek különböző gyártók implementációi esetén is.

Rétegek (szintek), protokollok, interfészek



Rétegelt hálózati architektúra - fogalmak

N. réteg protokoll:

- Az N. réteg (szint) specifikációját leíró protokoll.

Társak (peers):

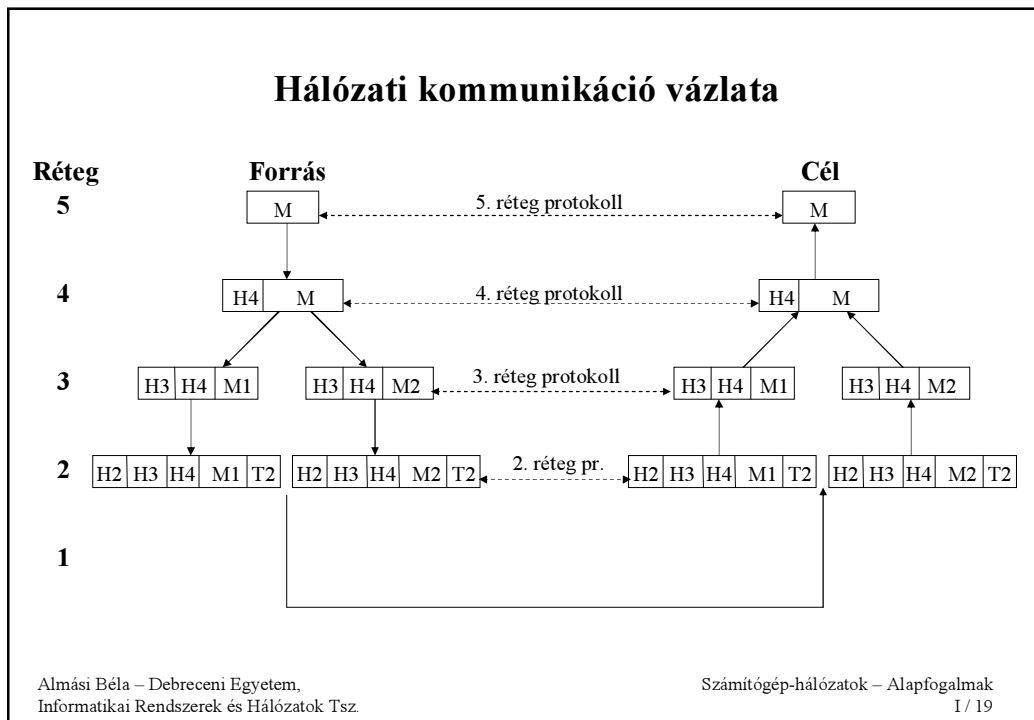
- A két kommunikációs végpont (csomópont) azonos szintjén elhelyezkedő entitások. Logikailag a társak kommunikálnak egymással a megfelelő réteg protokollját használva.

N/N+1 szint interfész:

- Az N. és N+1. réteg kapcsolódási felülete, határfelülete.

N. réteg szolgáltatása:

- Azon művelethalmaz (szolgáltatás), melyet az N. réteg nyújt az N+1. Réteg számára (az interfészen keresztül).



Hálózati kommunikáció - fogalmak

Beágyazás (enkapszuláció):

- A (felsőbb szintről érkező) információ egy bizonyos protokoll fejléccel történő becsomagolása (mint pl. levél küldésekor a borítékba helyezés és boríték címezés).

Protokoll adategység (PDU, Protocol Data Unit, csomag):

- Az adott protokoll által kezelt (fejlécből és adatból) álló egység. (Gyakran használt másik megnevezése a csomag.)

OSI referenciamodell

Réteg		PDU megnevezés
7	Applikációs réteg	APDU
6	Prezentációs réteg	PPDU
5	Session réteg	SPDU
4	Transzport réteg	TPDU
3	Hálózati réteg	Csomag
2	Adatkapcsolati réteg	Keret
1	Fizikai réteg	Bit

OSI modell rétegei

1. Fizikai réteg:

- Elektromos és mechanikai jellemzők procedurális és funkcionális specifikációja két (közvetlen fizikai összeköttetésű) eszköz közötti jeltovábbítás céljából.

2. Adatkapcsolati réteg:

- Megbízható adatátvitelt biztosít egy fizikai összeköttetésen keresztül. Ezen réteg problémaköréhez tartozik a fizikai címzés, hálózati topológia, közeghozzáférés, fizikai átvitel hibajelzése és a keretek sorrendhelyes kézbesítése. Az IEEE két alrétegre (MAC, LLC) bontotta az adatkapcsolati réteget.

OSI modell rétegei

3. Hálózati réteg:

- Összeköttetést és útvonalválasztást biztosít két hálózati csomópont között. Ehhez a réteghez tartozik a hálózati címezés és az útvonalválasztás (routing).

4. Transzport (szállítási) réteg:

- Megbízható hálózati összeköttetést létesít két csomópont között. Feladatkörebe tartozik pl. a virtuális áramkörök kezelése, átviteli hibák felismerése/javítása és az áramlásszabályozás.

OSI modell rétegei

5. Session réteg:

- Ez a réteg építi ki, kezeli és fejezi be az applikációk közötti dialógusokat (session, dialógus kontroll).

6. Prezentációs réteg:

- Feladata a különböző csomópontokon használt különböző adatstruktúrákból eredő információ-értelmezési problémák feloldása.

7. Applikációs réteg:

- Az applikációk (fájl átvitel, e-mail, stb.) működéséhez nélkülözhetetlen szolgáltatásokat biztosítja (pl. fájl átvitel esetén a különböző fájlnev konvenciók figyelembe vétele).

Hálózati kapcsolóelemek

Hálózati kapcsolóelemek - alapfogalmak

Ütközési tartomány (Collision domain; Bandwith domain):

- Az a hálózatrész, melyben az ütközés érzékelhető.
- Az ütközési tartományban egy időpillanatban csak egy információátvitel folyhat.

Üzenetszórási tartomány (Broadcast domain):

- Az a hálózatrész, ahol az üzenetszórás célcímmel feladott csomag (pdu) megjelenik, érzékelhető.

Hálózati kapcsolóelemek

A részhálózatok - a kapcsolóelem működése alapján - különböző OSI rétegekben kapcsolhatók össze:

OSI réteg	Kapcsolóelem
Transzport réteg felett	Átjáró (gateway)
Hálózati réteg	Forgalomirányító (router)
Adatkapcsolati réteg	Híd (bridge)
Fizikai réteg	Jelismétlő (repeater)

Hálózati kapcsolóelemek

Jelismétlő (repeater):

- Az átviteli közegen továbbított jeleket ismétli, erősíti.
- Az összekapcsolt részhálózatokat nem választja el.
- Többportos változatát szokás HUB-nak nevezni.

Híd (bridge):

- Az adatkapcsolati rétegben működve szelektív összekapcsolást végez („csak az megy át a hídon, aki a túloldalra tart”).
- Az összekapcsolt részhálózatok külön ütközési tartományt alkotnak.
- Az üzenetszórást általában minden összekapcsolt részhálózat felé továbbítja.

Hálózati kapcsolóelemek

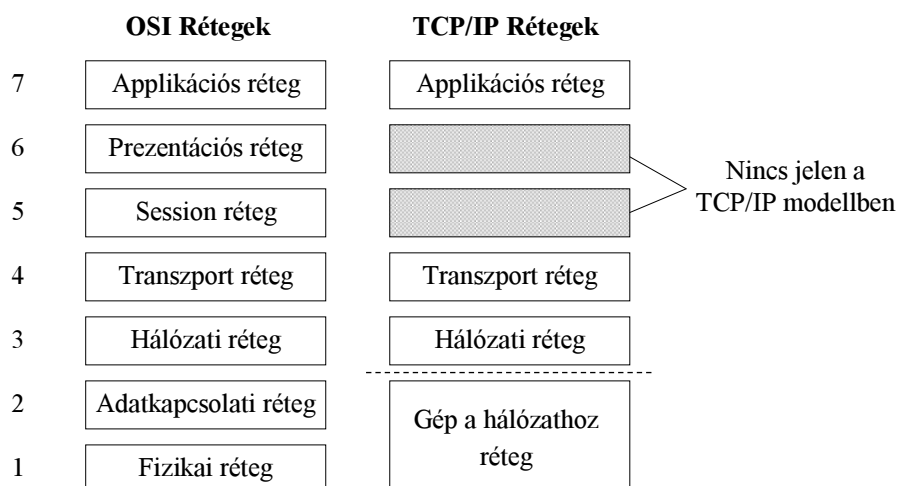
Kapcsoló (switch):

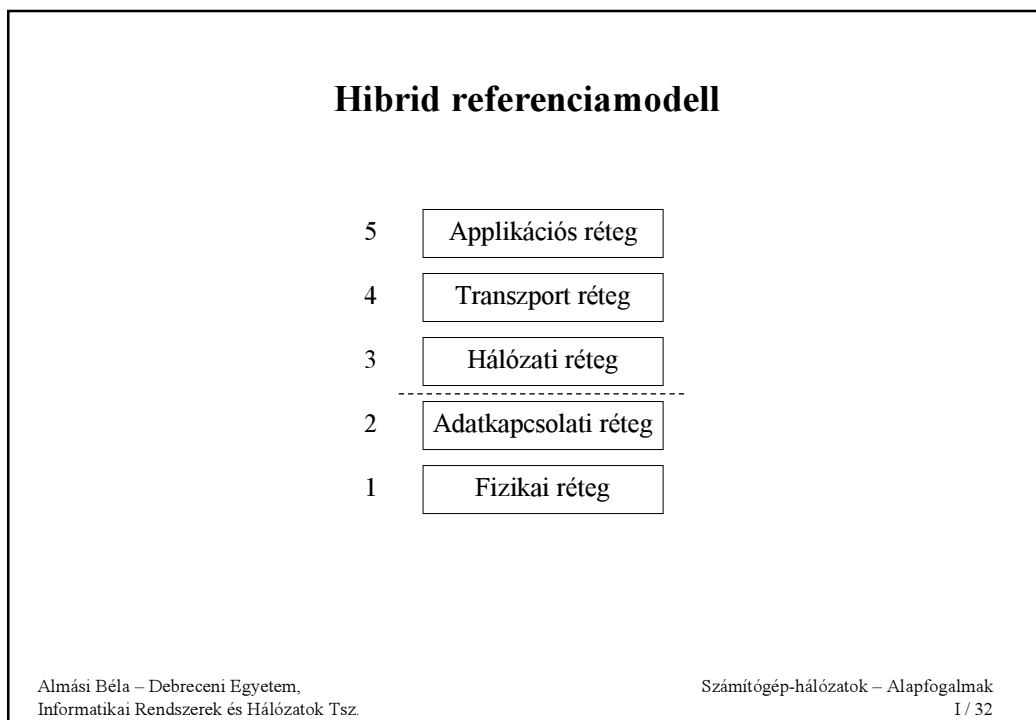
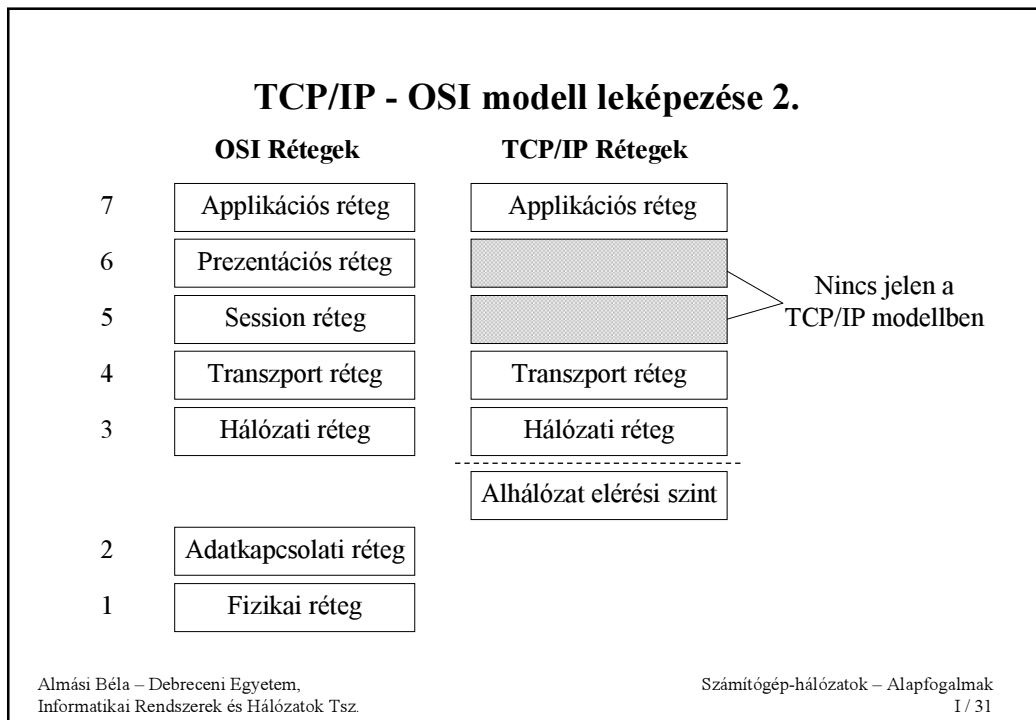
- Olyan többportos eszköz, melynek bármely két portja között híd (bridge) funkcionalitás működik.

Forgalomirányító (router):

- Az hálózati rétegben működve szelektív összekapcsolást, útvonalválasztást, forgalomirányítást végez.
- Az összekapcsolt részhálózatok külön ütközési tartományt és külön üzenetszórési tartományt alkotnak.
- Csomópont, saját hálózati címmel rendelkezik.

TCP/IP - OSI modell leképezése 1.





II. - Fizikai Réteg

Fizikai Réteg - Korlátozott Sáv szélesség

Csatorna maximális adatátviteli sebessége

Nyquist (1924) és Shannon (1948) elméleti összefüggései a csatorna maximális adatátviteli sebességére.

Nyquist meghatározta a maximális adatátviteli sebességet zajtalan csatornára:

Ha a jel V diszkrét értékből áll, akkor a

$$C = 2H \log_2 V \text{ bit/s}$$

ahol C a maximális adatátviteli sebesség,
 H az átviteli csatorna sáv szélessége.

Vonali zaj (noise)

Az átviteli közeg környezetéből származó zavarokat vonali zajnak nevezik. Az átvitt jelek csillapítása miatt a zajszint összemérhetővé válhat a jelszinttel, és a jelek helyes érzékelése lehetetlenné válhat. Az átviteli médiumok jellemezhetők az átlagos jelteljesítmény (Signal) és zajteljesítmény (Noise) hányadosával (általában dB skálán mérve):

$$S/N$$

Shannon meghatározta a maximális adatátviteli sebességet zajos csatornára:

$$C = H \log_2(1 + S/N) \text{ bit/s}$$

ahol

C a maximális adatátviteli sebesség, H az átviteli csatorna sávszélessége,
S az átlagos jelteljesítmény, N az átlagos zajteljesítmény.

Csillapítás

A jel amplitúdója csökken a jel haladása során az átviteli közegben. Az átviteli közeg hosszát úgy állapítják meg, hogy a jel biztonsággal értelmezhető legyen a vételi oldalon.

Ha nagyobb távolságot kell áthidalni, akkor erősítők (jelismétlők) beiktatásával kell a jelet visszaállítani.

A csillapítás frekvenciafüggő, ezért az erősítőknek frekvenciafüggő erősítéssel kell ezt kompenzálniuk.

A csillapítás és az erősítés mértékét *decibelben* (dB) adják meg:

$$\text{Csillapítás} = 10 \log_{10} \frac{P_1}{P_2} \text{ dB}$$

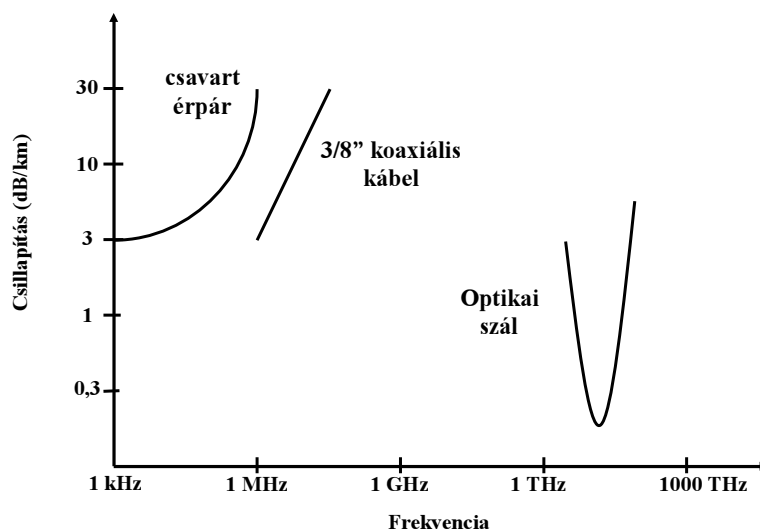
ahol P_1 és P_2 az átviteli közeg elején és végén mért teljesítmény (Watt).

Átviteli közegek, vezetékes médiumok

Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Fizikai réteg
II / 5

Vezetékes médiumok csillapítása



Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

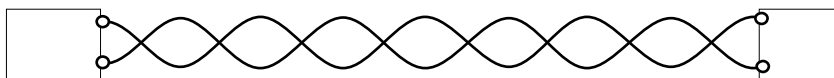
Számítógép-hálózatok – Fizikai réteg
II / 6

Csavart érpár – fizikai jellemzők

Fizikai jellemzők

- A legolcsóbb, legelterjedtebben használt átviteli közeg.
- Két szigetelt rézvezeték szabályos minta szerint összecsavarnak.
- Többnyire néhány csavart érpárt kötegelnek és védőszigeteléssel vonnak be.
- A csavarás csökkenti az áthallást az érpárok között és zajvédelmet biztosít.
- A csavarás hossza kicsit különbözhet az egyes érpárokból, hogy csökkenjen az áthallás.
- A csavarás hossza nagy távolságú összeköttetésekben 50 - 150 mm között változik.
- A huzal átmérője 0.4 - 0.9 mm .

Csavart érpár



Több csavart érpárt (4) fognak össze, és külső szigeteléssel látnak el.
Az összefogott érpárokat árnyékolhatják (Shielded twisted pair).

Csavart érpár

Alkalmazásai

Analóg és digitális átvitelre egyaránt használják.

- Analóg rendszer: telefon előfizetői hurok.
- Digitális rendszer (pl. LAN).
- A legolcsóbb médium, a legkönnyebb vele dolgozni, de az adatátviteli sebessége és az áthidalható távolság erősen korlátozott.

Csavart érpár – átviteli jellemzők

Átviteli jellemzők

- A csavart érpár csillapítása erősen függ a frekvenciától.
- Érzékeny az interferenciára és a zajra. Például a párhuzamosan futó AC hálózatból könnyen fölveszi az 50Hz energiát.
- A zavarások csökkentésére árnyékolást alkalmaznak.
- A csavarás csökkenti az alacsony frekvenciás interferenciát.
- Különböző csavarási hosszak használata a szomszédos érpárok közötti áthallást (crosstalk) csökkenti.
- Pont-pont analóg jelzéssel (néhányszor) 100KHz sávzélesség is elérhető (több hangcsatorna átvitele).
- Rövid távolságra (néhányszor) 100 Mbps sebesség is elérhető.

Csavart érpár típusok

Category 3 és Category 5 UTP

Category 3. UTP kábel és csatlakozók ~16 MHz átvitelre.

Korlátozott távolságra 16 Mbps sebességű átvitelt tesz lehetővé. Ez a hang-minőségű kábel nagyon sok épületben megtalálható.

Category 5. UTP kábel és csatlakozók 100 MHz átvitelre.

Korlátozott távolságra 100 Mbps sebességű átvitelt tesz lehetővé. Az új épületeket gyakran ezzel az adat-minőségű kábellel huzalozzák be.

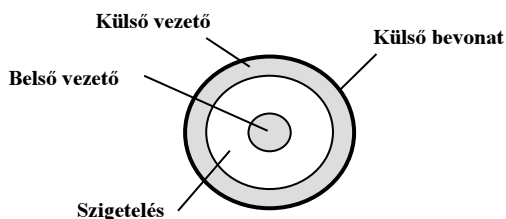
(Új szabványok: Cat5e, Cat6: ~300MHz, Cat7 STP: ~600MHz.)

A kétféle kábel közötti legfontosabb különbség az egységnyi hosszra eső csavarások számában mutatkozik:

Cat3: 10 - 15 csavarás/m; Cat5: 20 - 30 csavarás/m.

Koaxiális kábel – fizikai jellemzők

Fizikai jellemzők



Koaxiális kábel keresztmetszete

- A kábel átmérője: 5 - 25 mm.
- A koncentrikus felépítés miatt kevésbé érzékeny a zavarokra és az áthallásra, mint a csavart érpár.
- Nagyobb távolságra használható és többpontos alkalmazásban több állomást támogat a csavart érpárnál.

Koaxiális kábel

Alkalmazásai

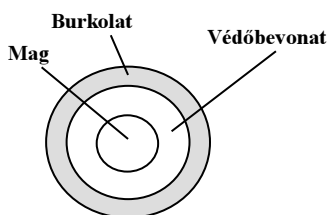
- Televízió adás továbbítása.
- Nagy távolságú telefon átvitel.
- Számítógépek összekapcsolása
- Helyi hálózatok.

Átviteli jellemzők

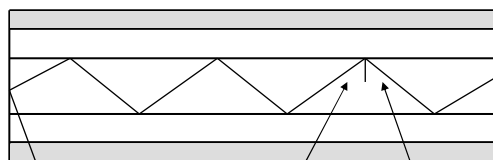
- Analóg átvitel esetén néhány km-enként szükséges erősítés. Mintegy 400 MHz-ig használható.
- Digitális átvitel esetén km-enként szükséges jelismétlő használata.

Optikai szál – fizikai jellemzők

Fizikai jellemzők



Optikai szál



Optikai szál – fizikai jellemzők

Fizikai jellemzők

- 2 - 125 μm átmérőjű hajlékony optikai szál fény sugár továbbítására képes.
- Optikai szálakat üvegből és műanyagból is készítenek.
- A védőbevonat szintén üveg vagy műanyag, más optikai tulajdonságokkal rendelkezik, mint a mag.
- A külső műanyag burkolat a szennyeződés, kopás és egyéb külső hatások ellen nyújt védelmet.

Optikai szál - előnyök

Alkalmazásai (pozitívumok):

- **Nagyobb kapacitás**
Nagy adatátviteli sebesség érhető el (2 Gbps több 10 km-en).
- **Kisebb méret és súly**
- **Kisebb csillapítás**
A csillapítás kisebb, és széles frekvencia tartományban állandó.
- **Elektromágneses izoláltság**
Külső elektromágneses hatásokra nem érzékeny, nincs áthallás. Nem sugároz energiát, ezért nem hallgatható le. Nehéz az üvegszálat megcsapolni.
- **Nagyobb ismétlési távolság**
Kevesebb ismétlő kevesebb hibalehetőséggel és alacsonyabb költséggel jár.
A technológia egyre fejlődik: pl. 3,5 Gbps adatátviteli sebesség 318 km távolságra ismétlés nélkül (AT&T, 1990-es évek).

Optikai szál

Alkalmazásai

- Nagyvárosi fővonalak
- Vidéki nagytávolságú fővonalak (trunk)
- Telefonközpontok fővonalai
- Előfizetői hurkok
- Helyi hálózatok

Átviteli jellemzők

- 10^{14} - 10^{15} Hz (infravörös) tartományban működik.
- 3 változatát használják:
 - több módusú (multi mode)
 - egy módusú (single mode)
 - több módusú, emelkedő törésmutatójú (multi mode graded index)

Fényforrás lehet:

- LED
- Lézer dióda.

Optikai szál típusok

Átviteli jellemzők

Több módusú szál

A fényforrásból különböző szögben kilépő fénysugarak különböző szögben verődnek vissza a két optikai közeg határáról, ezért különböző utat tesznek meg különböző idő alatt. Ezért a fényimpulzusok torzulnak. Emiatt az adatátviteli sebesség csökken.

Egy módusú szál

A mag átmérőjét csökkentve a hullámhossz méretére, csak a tengely irányú fénysugár jut át. A fényimpulzusok nem torzulnak, nagyobb adatátviteli sebesség érhető el.

Több módusú, emelkedő törésmutatójú szál

A mag anyagának törésmutatója a tengelytől távolodva növekszik. Ez mintegy fókuszálja a fényt. E típus tulajdonságai az előző kettő közé tehetők.

Optikai szál típusok

Többmódusú

Többmódusú, emelkedő törésmutatójú

Hullámhossz és a szál átmérője 3-10 μm

Egymódusú

Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Fizikai réteg
II / 19

Vezeték nélküli átvitel

Az elektromágneses jelek átvitelét és érzékelését antennák végzik.

A sugárzásnak két módja van:

- Irányított
- Mindenirányú (irányítatlan)

Irányított esetben az antenna fókuszált elektromágneses sugarat bocsát ki, a vevő antennát pontosan kell pozícionálni.

Mindenirányú sugárzás sok antennával vehető.

A nagyobb frekvenciájú jelek jobban fókuszálhatók.

Három frekvencia-tartomány jöhet szóba vezeték nélküli átvitelre:

- 2 - 40 GHz (mikrohullámú átvitel) (irányított)
- 30 MHz - 1 GHz (rádiófrekvencia) (mindenirányú)
- $3 \cdot 10^{11}$ - $2 \cdot 10^{14}$ Hz (infravörös)

Jelkódolási technológiák

Jelkódolás

Jelkódolás:

- A fizikai rétegben megjelenő bitsorozat az alkalmazott (digitális) csatorna jelkészletére, jelzésrendszerére (feszültség szintekre, feszültség szint váltásokra) képezzük le.

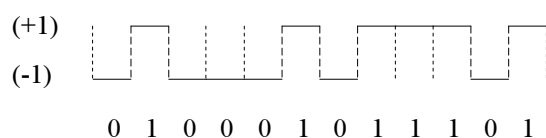
Bipoláris kódolás:

- A csatornán két jelet (feszültség szintet) különíthetünk el, s az egyszerűség kedvéért a (+1) és a (-1) szimbólumokkal jelöljük őket.

NRZ Jelkódolás

NRZ Jelkódolás: A (+1) feszültség szintet tartjuk az „1” bit érték átviteli idejében, s a (-1) feszültség szintet pedig a „0” bit érték átviteli idejében. Könnyen implementálható, de nem biztosít szinkronizációt több azonos bit érték átvitele során.

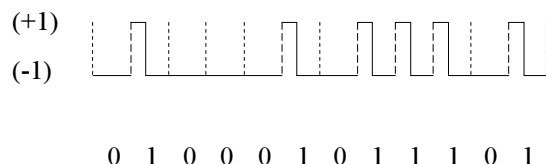
Példa:



RZ Jelkódolás

RZ Jelkódolás: A (+1) feszültség szintet tartjuk az „1” bit érték átviteli idejének első felében és (-1)-et a második felében. A „0” bit érték esetén a teljes bit időtartamban (-1) feszültség szintet tartunk. Jelváltás sebesség duplikáció és szinkronizálatlan „0” bitsorozat átvitel jellemzi.

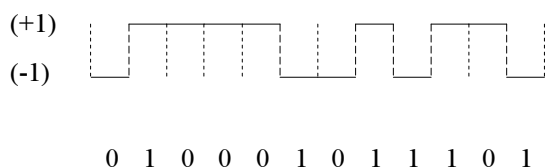
Példa:



NRZI Jelkódolás

NRZI Jelkódolás: Az „1” bit érték átviteli idejében a megelőző időtartamban alkalmazott feszültségszint ellentettjét alkalmazzuk, a „0” bit érték átviteli idejében pedig tovább tartjuk a megelőző bit időtartamban alkalmazott feszültségszintet.
Sok „0” bit átvitele során nem biztosít szinkronizációt.

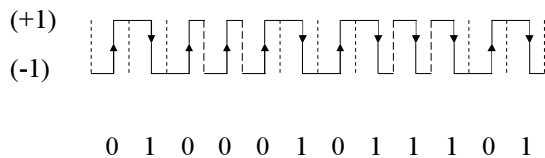
Példa:



Manchester(PE) Jelkódolás

PE Jelkódolás: Az „1” bit értéket az átviteli idejének közepén bekövetkező (+1) → (-1) feszültségszint váltás reprezentálja. A „0” bit értéket pedig az átviteli idejének közepén bekövetkező (-1) → (+1) feszültségszint váltás reprezentálja.
A folyamatos szinkronizáció biztosított, de dupla jelváltás sebességet igényel.

Példa:



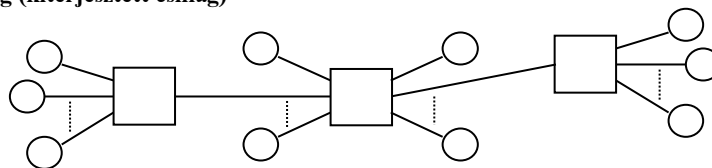
Topológiák

Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

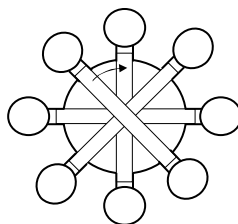
Számítógép-hálózatok – Fizikai réteg
II / 27



Topológiák

Csillag (kiterjesztett csillag)



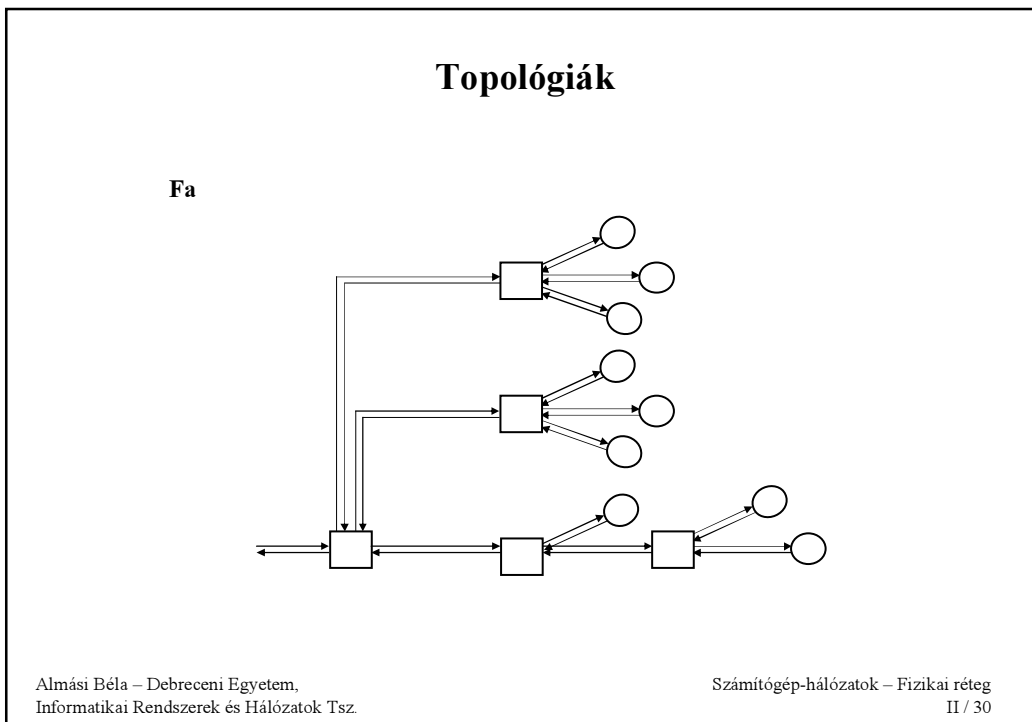
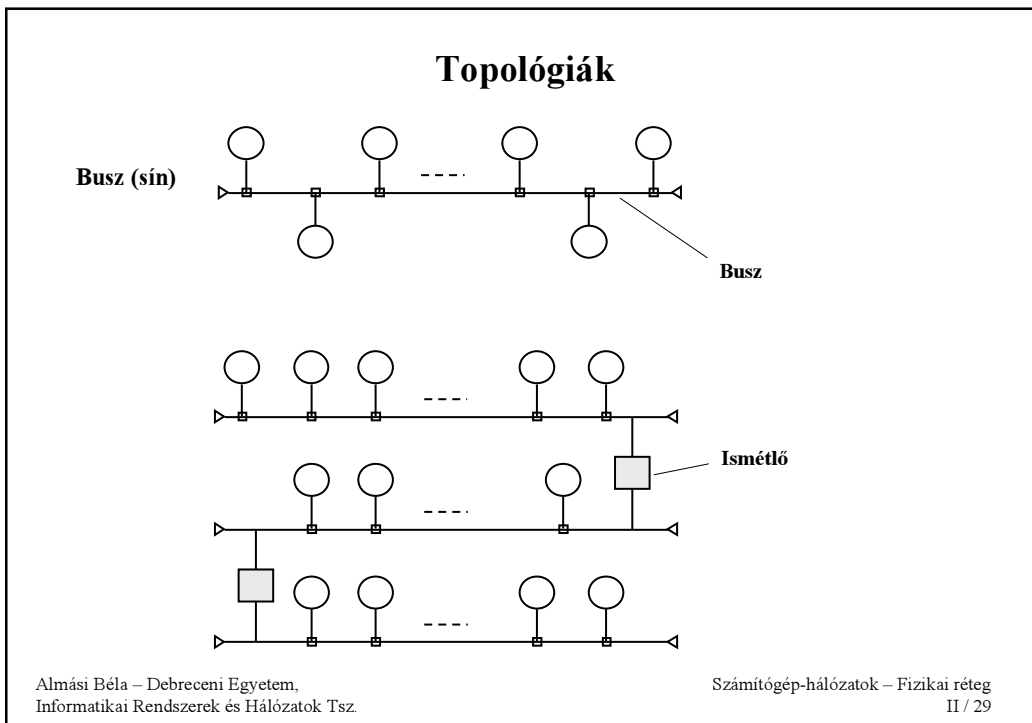
Gyűrű



-  Host (munkaállomás vagy szerver)
-  Középpont

Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Fizikai réteg
II / 28



III. - Adatkapcsolati Réteg

Adatkapcsolati réteg szolgáltatások

- Jóváhagyás nélküli, összeköttetés mentes.
Jó (megbízható) fizikai összeköttetés esetén célszerű.
A legtöbb LAN alkalmazza.

- Jóváhagyásos, összeköttetés mentes.
Nem megbízható (hibás, zajos) fizikai összeköttetés esetén célszerű.

- Jóváhagyásos, összeköttetés alapú.
Keret-sorozatok átvitele esetén hatékony.

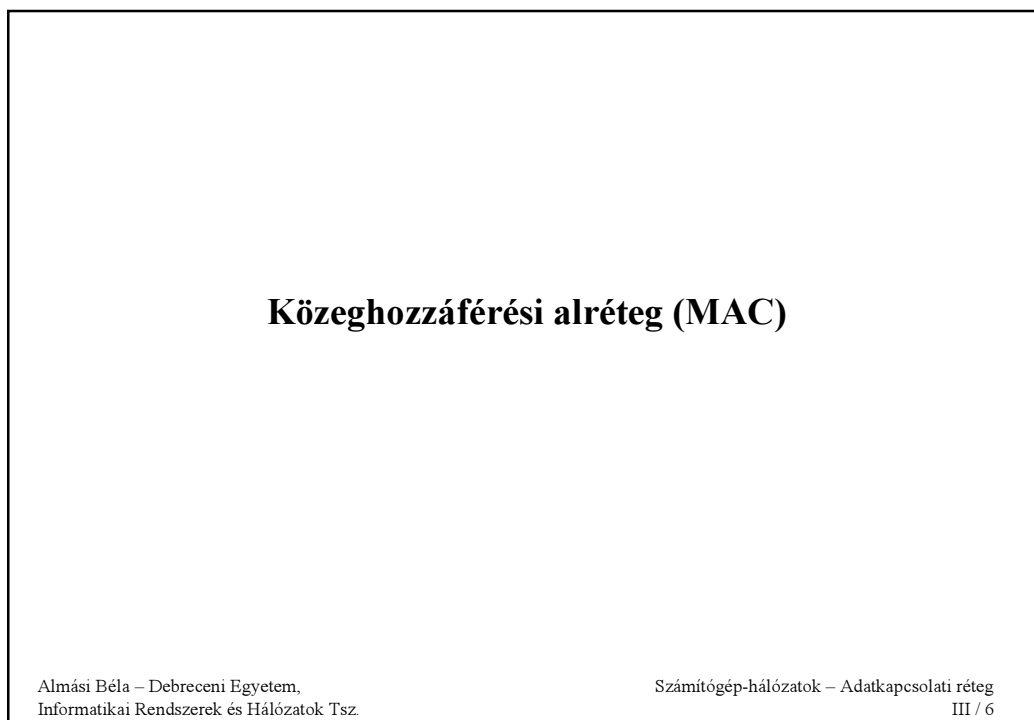
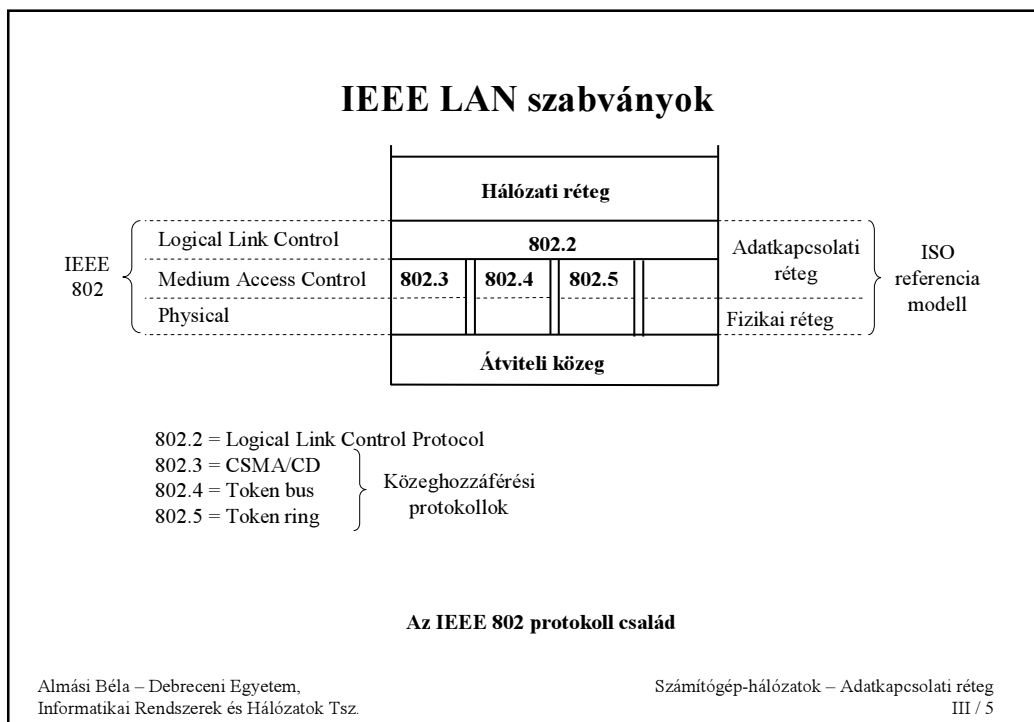
Adatkapcsolati réteg – Keretezés

Keretezés: A hálózati réteg felől érkező bitfolyamot keretekre kell tördelni, s a kereteket kell továbbítani (a fizikai rétegre támaszkodva).

Megoldási ötletek:

- Keretek közötti szünetek alkalmazása (Időzítés!).
- Karakterszámlálás.
- DLE STX és DLE ETX (kezdő- és zárókértetek) alkalmazása karakterbeszúrással. (A keretben megjelenő DLE karakter DLE DLE duplikátumként megy át.)
- DLE STX és DLE ETX (kezdő- és zárókértetek) alkalmazása bitbeszúrással.

LAN Adatkapcsolati réteg megoldások



MAC osztályozás

Statikus csatornafelosztás

- Frekvenciaosztásos multiplexelés (FDM)
- Időosztásos multiplexelés (TDM)
- Hullámhossz osztásos multiplexelés (WDM)

Dinamikus közeghozzáférés

- Továbbítás figyelés nélkül
- Időréselt (Time Slot)
- Továbbítás figyeléssel (Carrier Sense Multiple Access)
- Ütközés érzékeléses (Collision Detect)
- Vezérjeles (Token)
- Kódosztásos (Code Divison Multiple Access)

Frekvenciaosztásos multiplexelés (FDM)

Hány részre (alcsatornára) osszuk a csatornát? – Megoldási filozófiák:

- Ütközés teljes kizárása.
- Átlagos válaszidő (átviteli idő) minimalizálás.

Sorbanállási matematikai modell N részre osztott csatornára:

Kapacitás: C/N (bps) → 1 bit átviteli ideje: N/C sec.

Keret érkezési intenzitás:

$$\frac{\lambda}{N} \text{ (keret/sec)} \rightarrow \frac{N}{\lambda} \text{ másodpercenként érkezik keret}$$

Kerethossz: $1/\mu$ (bit/keret)

Egy keret átvitele:

$$\frac{N}{\mu C} \text{ (sec)} \rightarrow \frac{\mu C}{N} \text{ a kiszolgálási intenzitás.}$$

Little tétel:

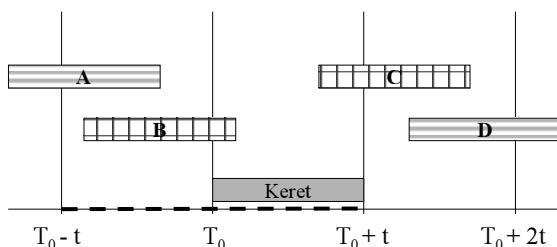
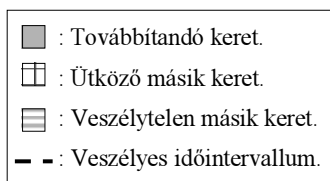
$$\text{Átlagos válaszidő} = \frac{1}{\text{Kiszolg.Int.} - \text{Érk.Int.}} = \frac{N}{\mu C - \lambda}$$

ALOHA

Továbbítás figyelés nélküli (legegyszerűbb) közeghozzáférés:

- A továbbítandó keret azonnal a csatornára kerül.
- Eredet: Hawai Egyetem – szigetek közötti kommunikáció.
- Egyszerű működés, könnyen implementálható.
- Az ütközések miatt a csatorna maximális kihasználtsága alacsony (18%).

Keret átvitelre veszélyes időtartam ALOHA esetén:

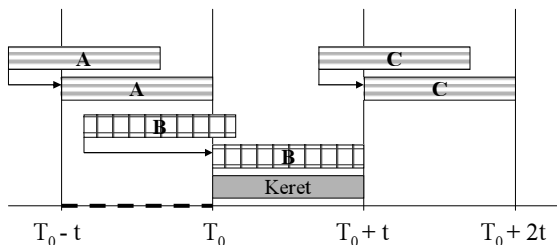
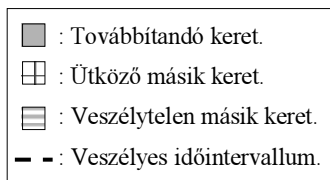


Réselt ALOHA

Időréselt, továbbítás figyelés nélküli közeghozzáférés:

- A továbbítandó keret a következő időrés elején kerül a csatornára.
- A csatornakihasználtság egyszerűen növelhető (36%).

Keret átvitelre veszélyes időtartam réselt ALOHA esetén:



Ethernet (CSMA/CD)

Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Adatkapcsolati réteg
III / 11

Ethernet keretformátum

↓
Átvitel
iránya

Előtag	7 byte: 7 x '10101010' (Szinkronizáció)
Keret kezdet határoló	1 byte: '10101011'
Cél állomás címe	6 byte: 1-3 byte a gyártó azonosítója, 4-6 byte a sorszám
Küldő állomás címe	6 byte: 1-3 oktett a gyártó azonosítója, 4-6 sorszám
Hossz/Típus	2 byte
Adat	0 - 1500 byte
Töltelék (ha kell)	0 - 46 byte: A kerethossz nem lehet kisebb, mint 64 byte
CRC	4 byte

IEEE 802.3 / Ethernet keret formátum

Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Adatkapcsolati réteg
III / 12

Ethernet

Működési paraméterek

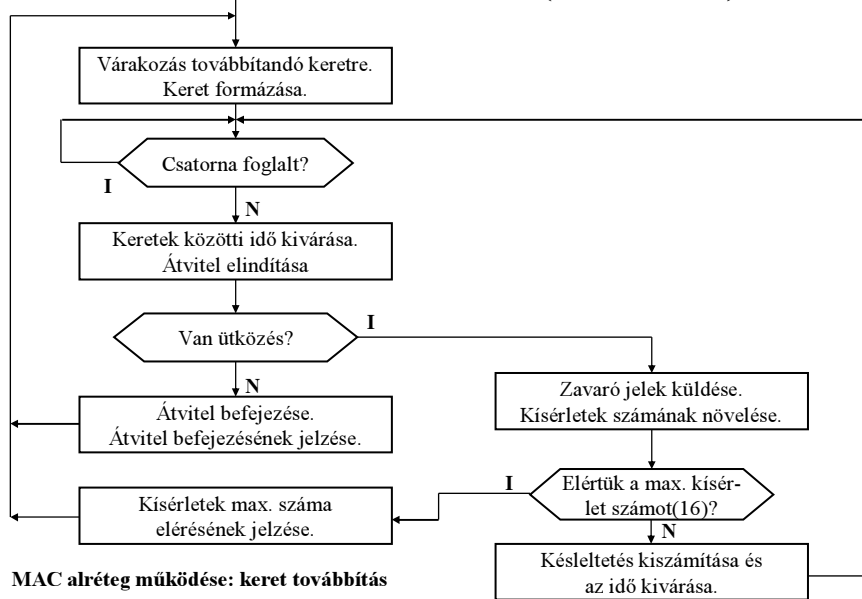
Átviteli sebesség	10 Mbps (Manchester kódolás)
Résidő	512 bit-idő
Keretek közti idő	9,6 μs
Átviteli kísérletek max. száma	16
Zavaró bitek száma (jam size)	32 bit
Legnagyobb kerethossz	1518 byte
Legrövidebb kerethossz	512 bit

Célcím lehet

- Egy állomás pontos címe
- Csupa '1' bit: üzenetszórás (broadcast), az üzenetet minden állomás veszi.

A küldő állomás címe nem lehet többes cím!

Ethernet kerettovábbítás (CSMA/CD)



MAC alréteg működése: keret továbbítás

Ethernet kerettovábbítás

A keret ismételt továbbítása idejének meghatározása:

A résidő vagy körbejárási késleltetés az az idő amennyi idő alatt a keret első bitje a két legtávolabbi állomás között kétszer megfordul. Ennyi idő alatt az állomások biztonsággal észlelik az ütközést. (Kábel késleltetés: $\sim 5\mu s/1000m$.)

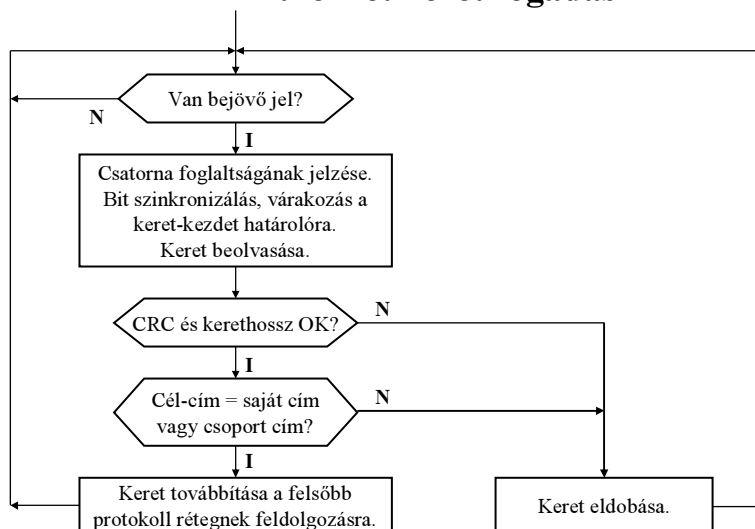
Résidő = 2 * (kábelkésleltetés + ismétlők késleltetése) + tartalék idő

Résidő = 51.2 μs (2 * (2.5 km + 4 ismétlő késleltetése), 512 bit átvitelének ideje)

A várakozási idő a résidő véletlen számú többszöröse, amely az átviteli kísérletek számának függvénye:

- 1. ütközés 0 vagy 1 résidőnyi várakozás véletlenszerűen
- 2. ütközés 0, 1, 2 vagy 3 résidőnyi várakozás véletlenszerűen
- 3. ütközés 0, 1, 2 ... 7 résidőnyi várakozás véletlenszerűen
- 10. ütközés 0 – (2¹⁰-1) résidőnyi várakozás véletlenszerűen
- 11. ütközés - ” -
- “ -
- 15. ütközés - “ -
- 16. ütközés után nem az interfész kártya nem próbálkozik tovább, jelzi az átvitel sikertelenségét.

Ethernet keret fogadás



MAC alrétég működése: keret fogadás

Fast Ethernet

Kifejlesztésének célja:

- 10 Base T Ethernet-hez (IEEE 802.3) 10-szeres átviteli sebesség elérése,
- Kábelezési rendszer megőrzése,
- MAC módszer és keret formátum megtartása.

A 10 Base T hálózatok nagy része 100 m-nél rövidebb kábelekkel csatlakozott az ismétlőhöz. Két állomás távolsága legfeljebb 200 m. 100 Mbps átviteli sebesség esetén 512 bit átviteli ideje alatt a legtávolabbi állomások is érzékelik az ütközést.

Így a maximális hosszak lerövidítésével a CSMA/CD MAC módszer megtartható.

A szabvány neve: **100 Base T**.

A legnagyobb probléma a 100 Mbps átviteli sebesség elérése 100 m távolságra árnyékolatlan kábelben.

Két szabvány van:

- **100 Base 4T** Category 3 (voice-grade) kábelre
- **100 Base X** Category 5 (UTP) kábelre és optikai szálra

Fast Ethernet

100 Base X

Különböző médiumokra (X) tervezték:

- Category 5 árnyékolatlan (UTP) kábel,
- Category 5 árnyékolt (STP) kábel,
- Optikai szál

Mindegyik más fizikai médiumfüggő alréteggel rendelkezik.

Az FDDI hálózatra kifejlesztett **4B5B** (4B/5B) **bit kódolást** adaptálták a 100 Base X-re.

Az adat minden 4 bitjét (nibble) 5 biten kódolnak.

Csak olyan 5 bites szimbólumokat használnak, amelyben legfeljebb két '0' bit van egymás mellett.

A garantált 2 bitenkénti jel átmenet jó bit szinkronizálást biztosít.

Az adat kódolásra nem használt 16 öt bites szimbólum közül 2-2 a keret elejét és végét határoolja.

4B/5B bitkódolás

Adat szimbólumok		Vezérlő szimbólumok	
4 bites adatsorozat	5 bites szimbólum		
0000	11110	IDLE	11111
0001	01001	J	11000
0010	10100	K	10001
0011	10101	T	01101
0100	01010	R	00111
0101	01011	S	11001
0110	01110	QUIET	00000
0111	01111	HALT	00100
1000	10010		
1001	10011		
1010	10110		
1011	10111		
1100	11010		
1101	11011		
1110	11100		
1111	11101		

4B5B kódok

Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Adatkapcsolati réteg
III / 19

Token ring

Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Adatkapcsolati réteg
III / 20

Token ring (ISO/IEEE 802.5)

Leggyakoribb alkalmazási területe: műszaki és irodai

Működési elv:

- Ha egy állomás keretet akar továbbítani, először meg kell várnia vezérjelet (token).
- Ha megjött a vezérjel, a keretet, (amely tartalmazza a feladó és a célcímet) bitenként a kábelre adja.
- Minden állomás bitenként veszi és azonnal továbbküldi a keretet.
- A címzett állomás a beolvasott keretet feldolgozza, de ugyanúgy továbbítja, mint a többi állomás, azzal a különbséggel, hogy a címzett a válasz biteket is beállítja a keret végén.
- A keretet a feladó állomás távolítja el a gyűrűből. A feladó a válasz biteket is feldolgozza.
- A feladó állomás továbbküldi a vezérjelet.

A vezérjel továbbadásának alternatív megoldásai:

Lassú gyűrű: (4 Mbps)

Egyszerre csak 1 keret van a gyűrűben.

A vezérjelet a feladó állomás csak a keret visszaérkezése után továbbítja.

Gyorsabb gyűrű: (16 Mbps)

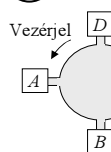
Egyszerre több keret van a gyűrűben.

A vezérjelet a feladó állomás a keret elküldése után azonnal továbbítja (early token release).

Token ring – működési váz

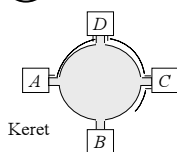
A állomás akar keretet küldeni C állomásnak

1.



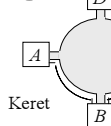
A megvárja a D -től jövő vezérjelet

3.



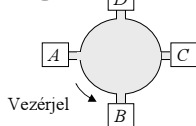
A megvárja, hogy a keret visszaérjen, de nem adja tovább, hanem eltávolítja.

2.



A feladja a keretet a gyűrűre. C felhasználja, mivel neki szól. A keret halad tovább.

4.



A vezérjelet generál, és továbbítja. Feldolgozza a visszaérkezett keret válasz bitjeit. **Alternatív megoldás:** A már akkor elküldi a vezérjelet, mihelyt a keretet továbbította. (Early release)

Token ring általános jellemzők

Jellemzők

Az átviteli közeg: árnyékolt csavart érpár.

Az állomások pont-pont kapcsolattal kapcsolódnak össze.

Kódolás: differenciális Manchester.

Az állomások fizikai gyűrűt képeznek, de koncentrátorok alkalmazásával látszólag Csillag/Fa topológia alakul ki. Az állomások a koncentrátorokhoz 2-2 csavart érpárral csatlakoznak.

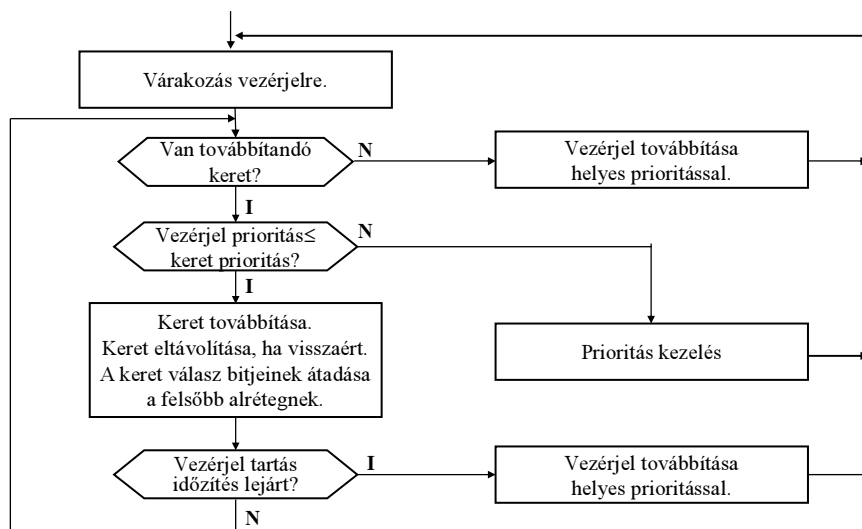
Az állomások egy ún. TCU (Trunk Coupling Unit) egységgel csatlakoznak a gyűrűhöz, mely reléket és működtető elektronikát tartalmaz. Ez biztosítja, hogy az állomás kikapcsolásakor a gyűrű záródjék.

Kettős gyűrű alkalmazásakor a TCU további feladata, hogy kábelszakadás vagy más állomás meghibásodása esetén kiiktatja a hibás kábelszakaszt vagy állomást, és a gyűrű kétszer olyan hosszú gyűrűként tovább működhet.

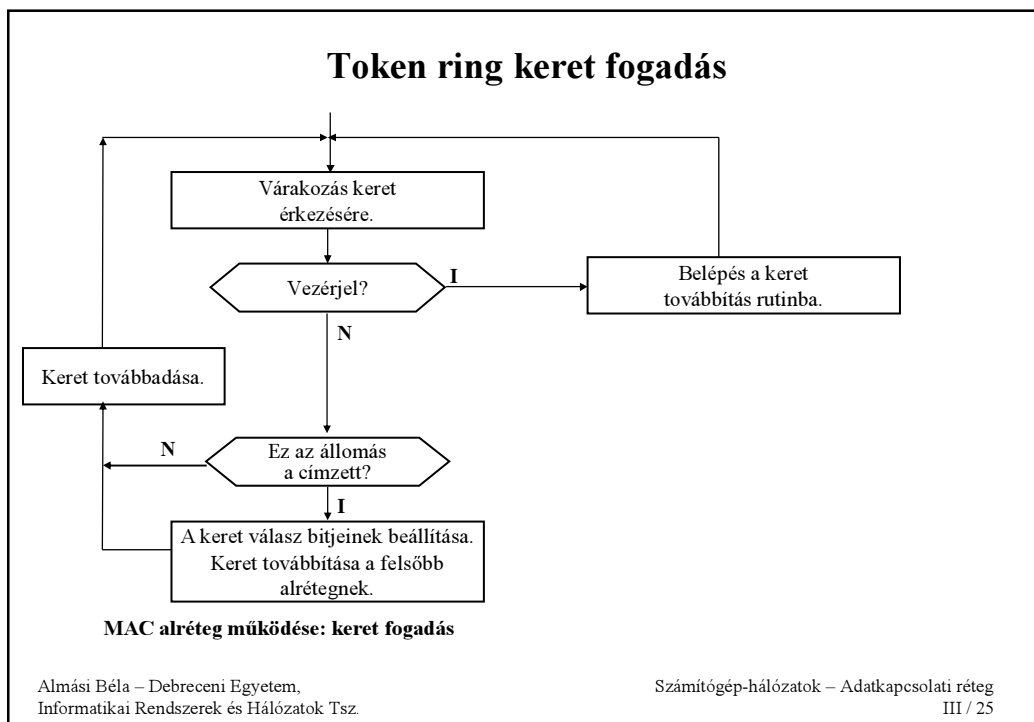
A MAC egység feladatai

- Keret képzés és kibontás.
- Ellenőrző összeg képzés.
- Hibavizsgálat.
- A MAC algoritmus implementálása.

Token ring kerettovábbítás



MAC alréteg működése: keret továbbítás



CDMA Alapötletek

Klasszikus probléma: Egy rádiófrekvenciás csatornán egy időpillanatban csak egy adás folyhat.

Hogyan lehetne egy csatornán egy időben több adást is folytatni?

Megoldási ötletek:

- **TDM**
Egyszerre csak egy valaki beszélhet.
- **FDM**
A beszélgetők különböző helyekre vonulva beszélgetnek.
- **CDMA**
A beszélgetők különböző nyelveken beszélgetnek.

CDMA Matematikai háttér

Kiindulási állapot: Minden állomáshoz egy m bit hosszú kódot (chip, töredék) rendelünk (bipoláris kódolással reprezentálva). Ez a chip reprezentálja az állomástól feladott l bitértéket, a 0 bitértéket pedig az inverze. Jelölés: $\underline{S} = (s_1, \dots, s_m)$.

\underline{S} és \underline{T} chip összege: $\underline{S} + \underline{T} = (s_1 + t_1, \dots, s_m + t_m)$.

\underline{S} és \underline{T} chip szorzata (skaláris szorzata): $\underline{S} * \underline{T} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i t_i$

A szorzás és összeadás definíciójának felhasználásával az alábbiak könnyen beláthatók:

$$\underline{S} * \underline{S} = \overline{\underline{S}} * \overline{\underline{S}} = 1, \quad \underline{S} * \overline{\underline{S}} = -1,$$

$$\underline{S} * (\underline{A} + \underline{B}) = (\underline{S} * \underline{A}) + (\underline{S} * \underline{B}).$$

Működési feltétel: A különböző állomásokhoz rendelt chip-ek ortogonálisak, azaz skaláris szorzatuk zéró:

$$\underline{S} * \underline{T} = \overline{\underline{S}} * \underline{T} = \underline{S} * \overline{\underline{T}} = \overline{\underline{S}} * \overline{\underline{T}} = 0$$

Vételi folyamat: A vett (érzékel) vektor-összegeből az adó chip-pel szorozva a nekünk küldött bitérték meghatározható.

CDMA Példa

Három állomás (A,B,C) ad egy időben. Legyen $m = 4$.

$$\underline{A} = (+1, +1, -1, -1); \quad \underline{B} = (+1, -1, +1, -1); \quad \underline{C} = (-1, -1, -1, -1).$$

Az állomások által egyidőben feladott bitértékek:

$$\mathbf{A: 0} (-1, -1, +1, +1); \quad \mathbf{B: 1} (+1, -1, +1, -1); \quad \mathbf{C: 0} (+1, +1, +1, +1).$$

A csatornán megjelenő vektor (jelsorozat):

$$\underline{\bar{A}} + \underline{\bar{B}} + \underline{\bar{C}} = (+1, -1, +3, +1).$$

$$\text{A partnere: } \underline{A} * (\underline{\bar{A}} + \underline{\bar{B}} + \underline{\bar{C}}) = \underline{A} * \underline{\bar{A}} + \underline{A} * \underline{\bar{B}} + \underline{A} * \underline{\bar{C}} = \underline{A} * \underline{\bar{A}} = -1.$$

$$\text{B partnere: } \underline{B} * (\underline{\bar{A}} + \underline{\bar{B}} + \underline{\bar{C}}) = \underline{B} * \underline{\bar{A}} + \underline{B} * \underline{\bar{B}} + \underline{B} * \underline{\bar{C}} = \underline{B} * \underline{\bar{B}} = +1.$$

$$\text{C partnere: } \underline{C} * (\underline{\bar{A}} + \underline{\bar{B}} + \underline{\bar{C}}) = \underline{C} * \underline{\bar{A}} + \underline{C} * \underline{\bar{B}} + \underline{C} * \underline{\bar{C}} = \underline{C} * \underline{\bar{C}} = -1.$$

WAN Adatkapcsolati réteg megoldások

SLIP

SLIP (Serial Line Internet Protocol, RFC 1055).

Célja: IP csomagok küldése soros (pont-pont) linken keresztül.

- Csak IP hálózati protokoll támogatott.
- Statikus IP címkiosztást feltételez.
- Nincs hibajelzés, javítás.
- Nincs autentikáció.

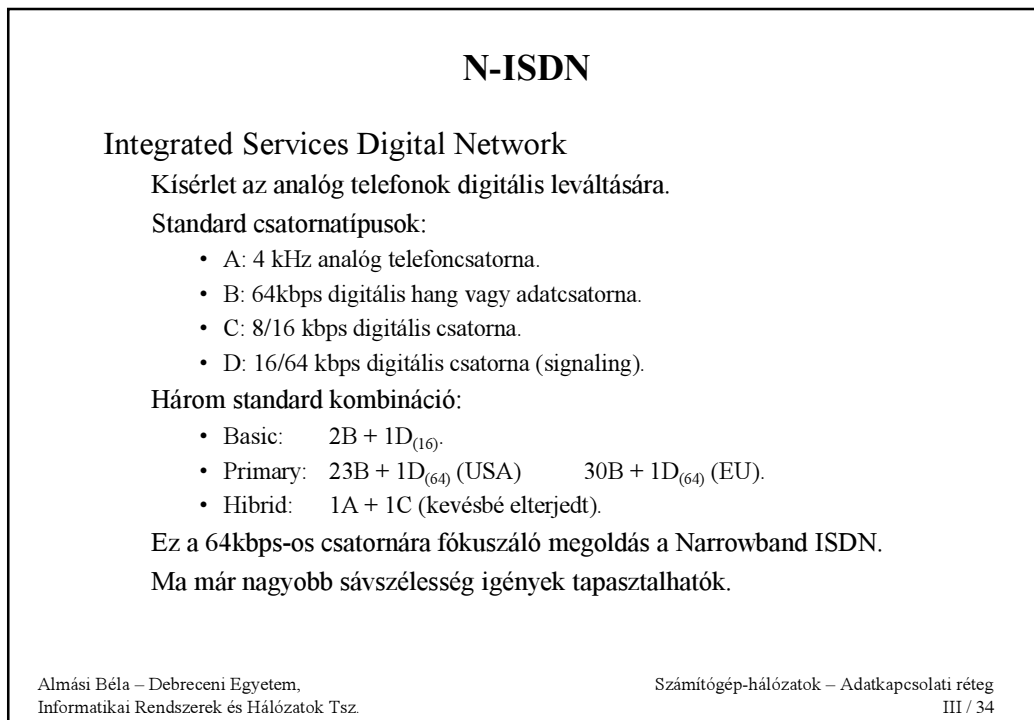
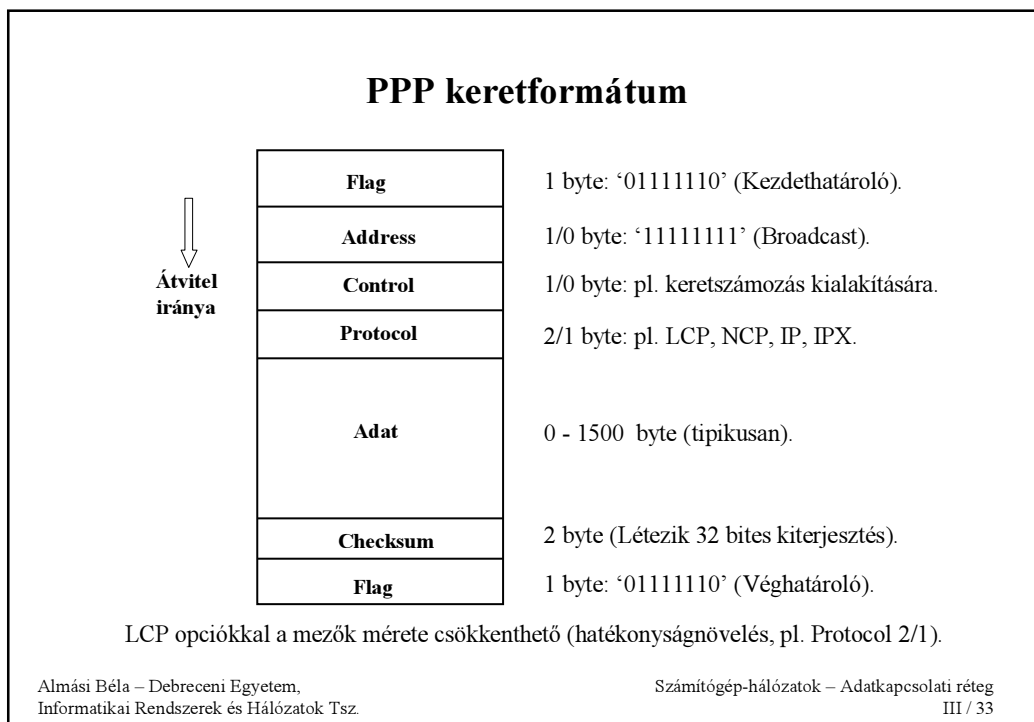
PPP

PPP (Point to Point Protocol, RFC 1661, 1662, 1663).

Célja: Standard (többprotokollos) WAN adatkapcsolati réteg protokoll kialakítása.

Jellemzők:

- Keretezés (eleje, vége jelzőkarakterek).
- Hibafelismerés.
- Két részből áll:
 - LCP: Link felépítés, tesztelés, leállítás.
 - NCP: Hálózati protokoll támogatás. Minden hálózati réteg protokollhoz kell egy azt támogató NCP.
- Többféle autentikáció:
 - PAP (Cleartext jelszóátvitel a kommunikáció kezdetén).
 - CHAP (Titkosított jelszóátvitel, bármikor kérhető).



B-ISDN

A hálózatok szolgáltatásai

- Adat továbbítás,
- Hang (telefon) átvitel,
- Kép (videofon) átvitel,
- Multimédia dokumentumok átvitele,
- Számítógéppel segített oktatás (Computer Aided Learning = CAL),
- Számítógéppel segített kooperatív munka.

A fenti szolgáltatásokat nyújtó számítógépek a többszolgáltatású munkaállomások.

A hálózatokat pedig, amelyek összekapcsolják őket, **szélessávú, többszolgáltatású hálózatoknak** (B-ISDN) nevezzük.

A követelmények messze meghaladják az adathálózatokkal szemben támasztott követelményeket.

Szélessávú, többszolgáltatású hálózatok



Sávszélesség szükségletek

Média típusok sávszélesség szükségletei

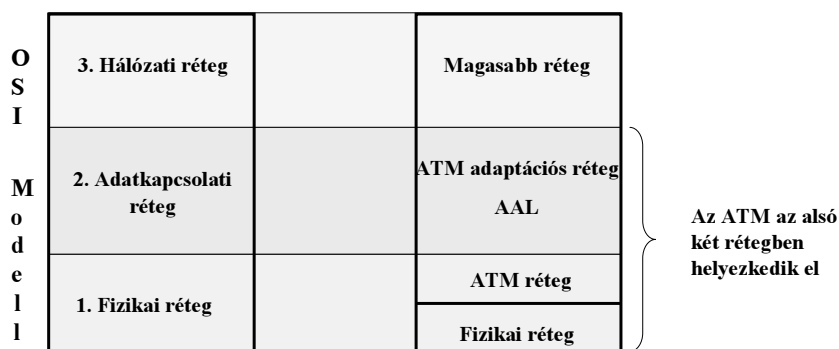
- Az audio és videó átvitele állandó bit sebességet igényel.
- Videókonferencia rendszerekben az egymás utáni képkockák keveset változnak, képtömörítés lehetséges.
- Hang, kép és videó átvitele esetén a tömörítés lehet információvesztő, amely jelentősen csökkenti az átviendő információt.

Az állandó bitsebességet igénylő média típusok az eddig tárgyalt hálózatokkal nem vihetők át biztonságosan.

Olyan új technológiára van szükség, amely az adatátvitelen kívül a többi média típus átvitelére is alkalmas. Az egyik ilyen hálózat az **ATM (Asynchronous Transfer Mode)** cellakapcsolt hálózat.

Az ATM protokoll architektúrája

Az ATM három réteggel rendelkezik, amelyek az OSI 1-2 rétegének felelnek meg:



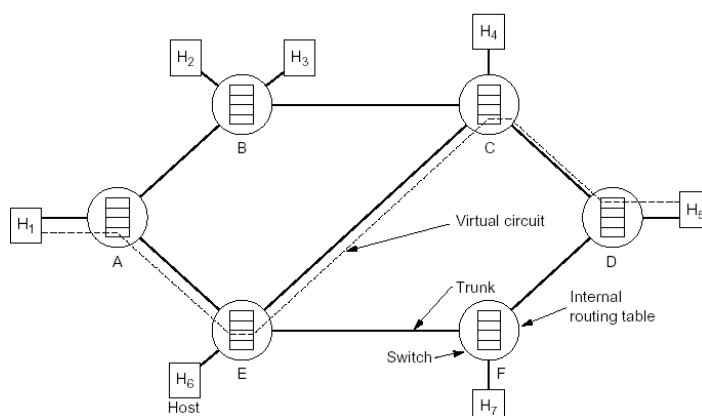
Az ATM funkcionális rétegei

Az ATM hálózat különböző szolgáltatásokat kínál a különböző típusú alkalmazások számára. Az ATM adaptációs réteg kínálja ezeket a szolgáltatásokat az alkalmazások számára, és fedi el a cellakapcsolást, amellyel az átvitelt az alsó két réteg végzi.

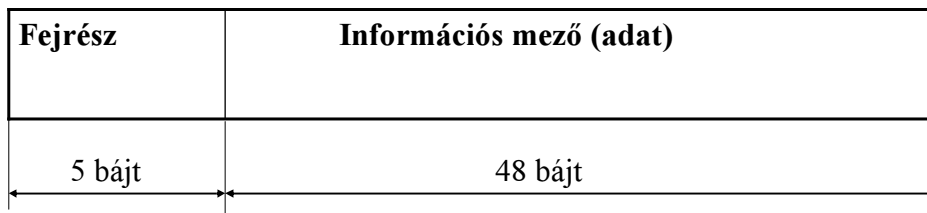
ATM

- A különféle átvihető média típusok miatt, amelyeknek egy része minőségi szolgáltatást követel meg a hálózattal szemben, nem lehet osztott használatú átviteli közeget használni.
- ATM hálózat hálószerű (mesh) topológiát követ, amelyben egymással összeköttetésben lévő kapcsolók biztosítják az átvitelt a kommunikáló állomások között. Az elv hasonlítható a telefon hálózathoz.
- Mielőtt két állomás kommunikálna egymással, a kapcsolókon keresztül egy útvonalat kell felépíteniük. Minden cella, amely az adott híváshoz tartozik, ezen az útvonalon halad keresztül. Az útvonalat virtuális összeköttetésnek nevezzük (Virtual Circuit: VC).
 - PVC (Permanent VC): Kézi konfigurációval alakítják ki.
 - SVC (Switched VC): A kommunikáció előtt alakítják ki (majd a végén lebontják).
- A kapcsolat felépítése során az igényelt szolgáltatás típusnak megfelelő átviteli kapacitás lesz lefoglalva a kapcsolókban. Van olyan szolgáltatás, amely rögzített bit sebességet igényel, van olyan, amelyik változó bit sebességgel dolgozik, de az átvitt adatok átlagos mennyisége rögzített, és van olyan szolgáltatás, amelynél nincs semmilyen megkötés a szolgáltatás minőségére.

ATM - Működési váz



ATM-cella felépítése



NNI típusú ATM-cella fejrészének mezői

Bitek száma	1	2	3	4	5	6	7	8
1. bájt	VPI (Virtuális út azonosító)							
2. bájt	VPI				VCI			
3. bájt	VCI (Virtuális csatorna azonosító)							
4. bájt	VCI				PTI (adat típusa)			Cella-vesztés
5. bájt	Fejrész hiba ellenőrzés							

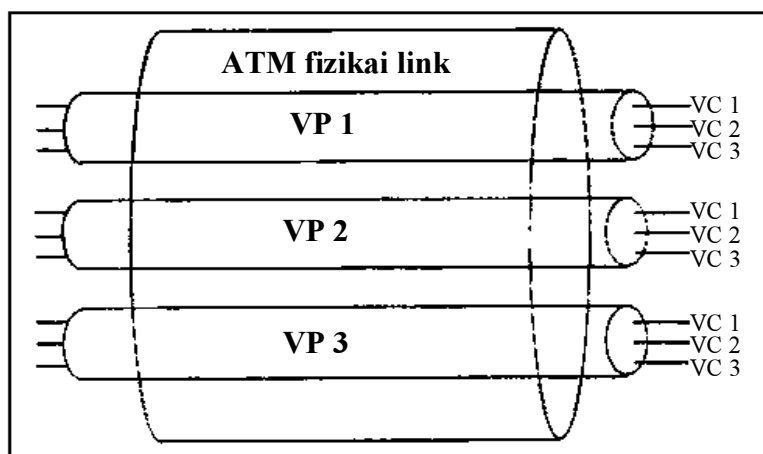
UNI típusú ATM-cella fejrészének mezői

Bitek száma	1	2	3	4	5	6	7	8
1. bájt	GFC (Generic Flow Control)				VPI (Virtuális út azonosító)			
2. bájt	VPI				VCI			
3. bájt	VCI (Virtuális csatorna azonosító)							
4. bájt	VCI				PTI (adat típusa)		Cella-vesztés	
5. bájt	Fejrész hiba ellenőrzés							

Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Adatkapcsolati réteg
III / 43

Fizikai link Virtual Path és Virtual Channel felosztása



Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Adatkapcsolati réteg
III / 44

Cellakapcsolás elve

**1. port
kapcsolási táblázat**

Be		Ki	
Port	KA	Port	KA
1	1	2	7
1	2	2	4
1	3	3	3
1	4	3	6

**2. port
kapcsolási táblázat**

Be		Ki	
Port	KA	Port	KA
2	7	1	1
2	4	1	2

**3. port
kapcsolási táblázat**

Be		Ki	
Port	KA	Port	KA
3	3	1	1
3	6	1	4

KA = Kapcsolat azonosító (VPI illetve VPI+VCI)

Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Adatkapcsolati réteg
III / 45

ATM Switch működés input puffer alkalmazásával

2	0
0	1
2	2
1	3

3	0
0	1
2	2
2	3

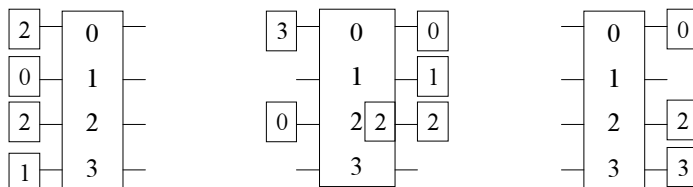
0	0
1	1
2	2
3	3

0	0
1	1
2	2
3	3

Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Adatkapcsolati réteg
III / 46

ATM Switch működés output puffer alkalmazásával



Eredmény: Kevesebb kapcsolási ciklus szükséges.
 Karol (1987): Output pufferek alkalmazása hatékonyabb.

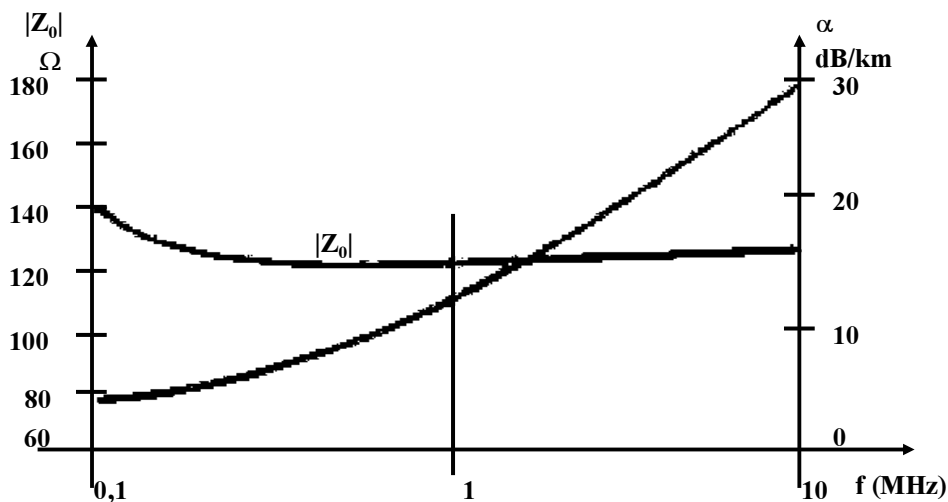
ADSL Asymmetrical Digital Subscriber Line

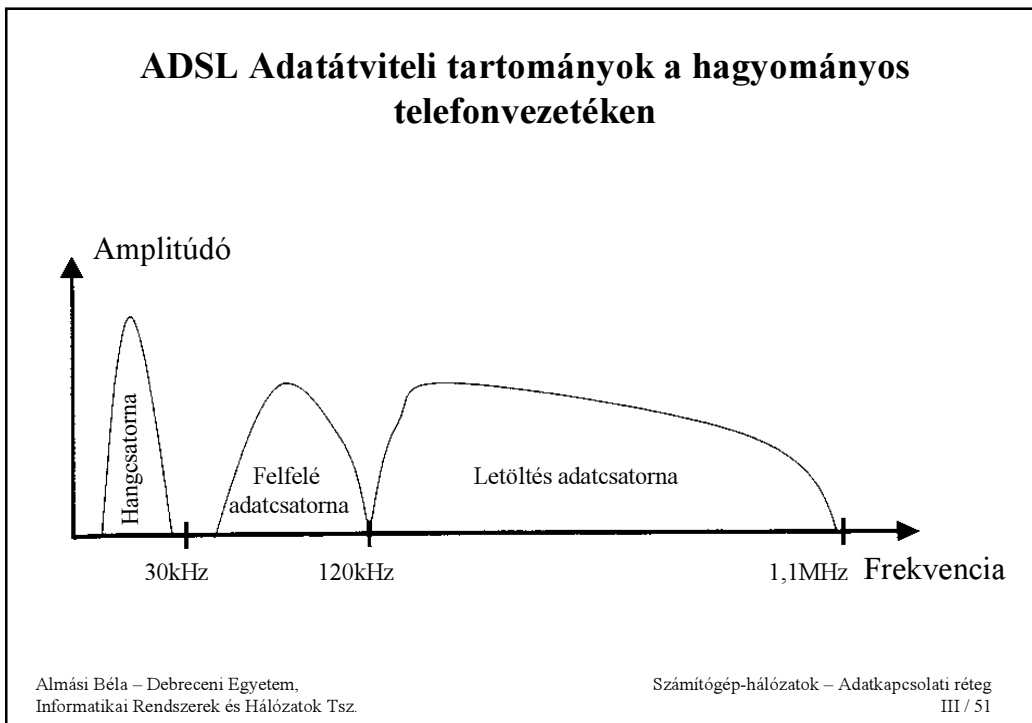
ADSL Alapötletek

ADSL működésének jellemzői/ötletei:

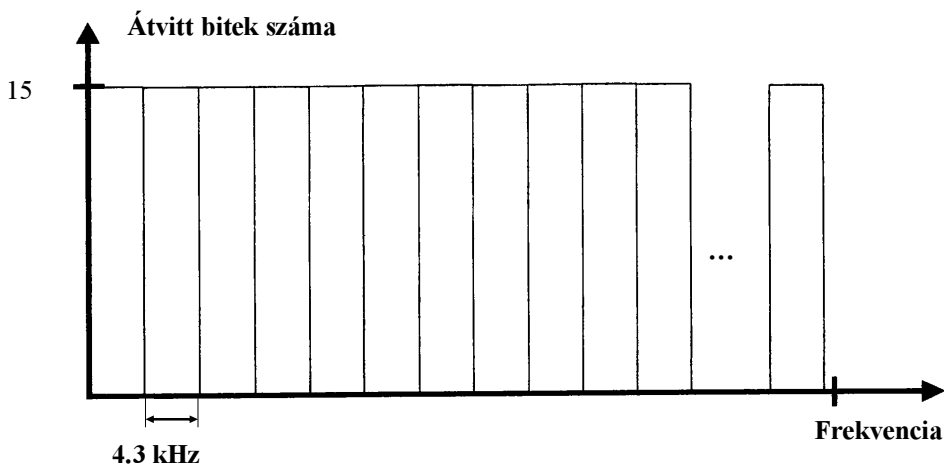
- A felhasználók nagytömegű letöltéséhez nagy(obb) sávzélesség szükséges.
- A felhasználók kistömegű adatfeltöltéséhez kisebb sávzélesség szükséges.
- A rendelkezésre álló sávzélességet asszimmetrikus módon célszerű felosztani.
- A réz érpár lehetővé teszi 1MHz-es sávzélesség használatát km nagyságrendű távolságra – a gyakorlatban sok helyen alkalmazható telefonvezetéken kialakítandó nagysebességű kapcsolat kialakításra.

Sodort rézvezeték jellegzetes hullámimpedanciája és fajlagos csillapítása





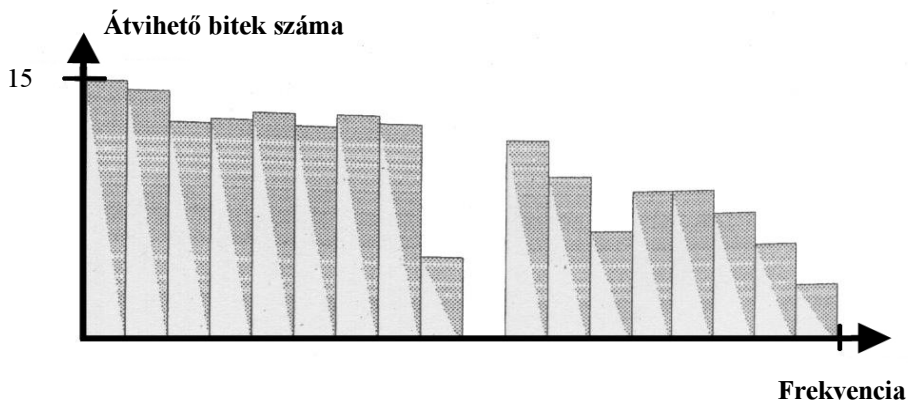
A rézvezeték frekvenciatartományának csatornákra történő felosztása ideális esetben



Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Adatkapcsolati réteg
III / 53

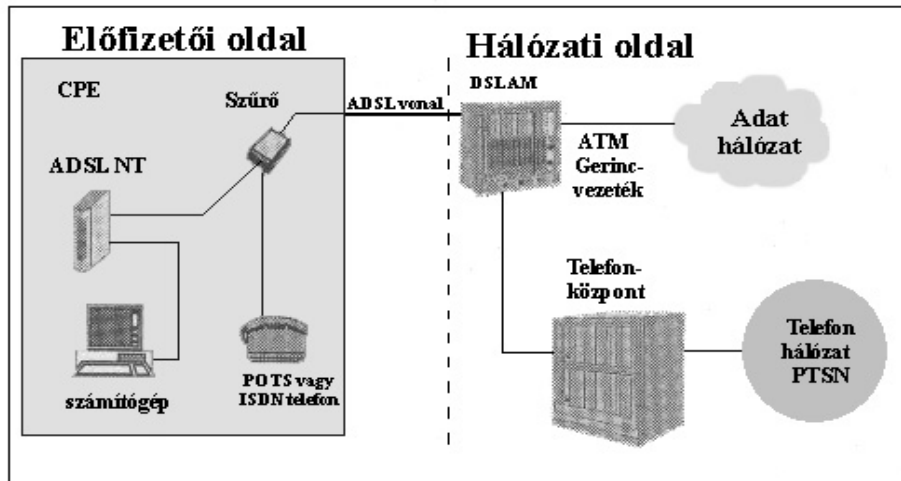
A rézvezeték átviteli karakterisztikájának függvényében alkalmazott átviteli csatornák



Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Adatkapcsolati réteg
III / 54

Az ADSL rendszertechnikai felépítése



Almási Béla – Debreceni Egyetem,
 Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Adatkapcsolati réteg
 III / 55

IV. - Hálózati réteg

Az IP hálózati protokoll

IP (Internet Protocol) RFC 791

- A TCP/IP referenciamodell hálózati réteg protokollja.
- Széles körben használt, az Internet alapeleme.
- Legfontosabb jellemzői:
 - IP fejrész szerkezete.
 - » 32 bites szavakból áll.
 - » Minimum 5, maximum 15 szó hosszú.
 - IP címzés, címosztályok.
 - Darabolás (fragment) támogatás.
 - Összeköttetés mentes (datagram) szolgáltatás a transzport réteg felé.
 - Ethernet keret típus értéke: 0x0800.

IP hálózati címzés

Miért van szükség hálózati címekre?

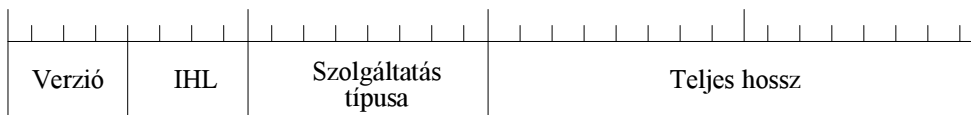
Miért nem elegendő a fizikai címek használata?

- A fizikai címek elhelyezkedése struktúrátlan.
- Útvonalválasztást struktúrátlan címrendszerrel lehetetlen megoldani.
- A fizikai cím csak egy alhálózatba kapcsolt csomópontok kommunikációjához megfelelő.
- Szükség van egy másik, struktúrált címrendszerre: a hálózati címekre.

Internet fejrész szerkezete

Verzió	IHL	Szolgáltatás típusa	Teljes hossz		
Azonosító			D	M	Fragment offset
TTL	Transzport réteg protokoll		F	F	Fejrész ellenőrző összeg
Feladó (forrás) IP címe					
Címzett (cél) IP címe					
Opcionális mező(k)					

Internet fejrész szerkezete - 1



Az első szó tartalma - általános információk:

- 4 bit: Verziószám (IPv4).
- 4 bit: IP fejrész hossza (szavakban mérve).
- 8 bit: Szolgáltatás típusa (pl. hang vagy fájl átvitel).
- 16 bit: Teljes csomaghossz (bájtokban mérve).

Internet fejrész szerkezete - 2



A második szó tartalma - darabolási (fragment) információk:

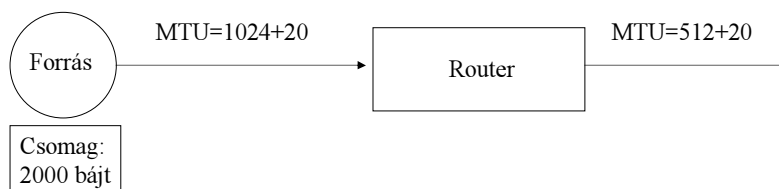
- 16 bit: Azonosító, a fragment sorozat azonosítója.
- 1 bit: Nem használt.
- 1 bit: DF - nem darabolható (pl. boot program).
- 1 bit: MF - további fragment-ek léteznek.
- 13 bit: Fragment offset (a fragment helye a sorozatban).

IP csomagok darabolása (fregmentálás)

- 1./ Az azonosítót az adó állomás adja, és minden fregmentben változatlan marad. Az offset kezdetben nulla értékű.
- 2./ Darabolást bármely állomás (router) végezhet a csomag ill. csomagdarab küldése előtt. (Tipikusan datalink MTU miatt).
- 3./ Darabolás 8 bájtos határon következhet be. Az offset értékben a fregment első bájtnak az eredeti (nem darabolt) csomagbeli helyét jelezzük 8 bájtos egységben számolva.
- 4./ A darabok összeillesztését a célállomás végzi az IP fejrész második szavának adatai alapján.

Darabolás - példa

1. A forrás állomáson küldésre vár egy 2000 bájtos csomag (+20 byte IP fej).
2. A forrás 1024+20 bájtos MTU értékű linkhez kapcsolódik.
3. Az első forgalomirányító 512+20 bájtos MTU értékű linken küldi tovább a csomagot.



Darabolás - példa

1. Az eredeti (darabolatlan) csomag IP fejrészének 2. szava:

00000000 10110010 0 00 00000 00000000	Offset = 0
---------------------------------------	------------

2: A forrás által feladott csomagok információi (2. szó):

00000000 10110010 0 01 00000 00000000	Offset = 0
---------------------------------------	------------

00000000 10110010 0 00 00000 10000000	Offset = 0 + 1024/8 = 128
---------------------------------------	---------------------------

3. A router által továbbküldött csomagok információi (2. szó):

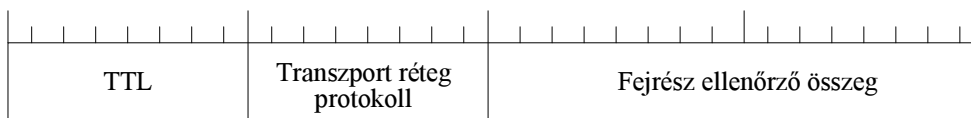
00000000 10110010 0 01 00000 00000000	Offset = 0
---------------------------------------	------------

00000000 10110010 0 01 00000 01000000	Offset = 0 + 512/8 = 64
---------------------------------------	-------------------------

00000000 10110010 0 01 00000 10000000	Offset = 128
---------------------------------------	--------------

00000000 10110010 0 00 00000 11000000	Offset = 128 + 512/8 = 192
---------------------------------------	----------------------------

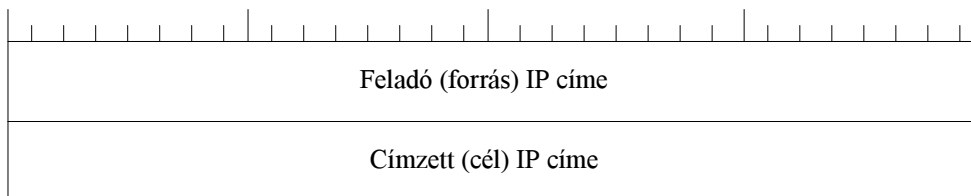
Internet fejrész szerkezete - 3



A harmadik szó adatai - általános információk:

- 8 bit: TTL a csomag „hátralevő életidejének” jelzése.
- 8 bit: Felsőbb (transzport) rétegbeli protokoll kódja – RFC 1700.
- 16 bit: A fejrész ellenőrző összege.

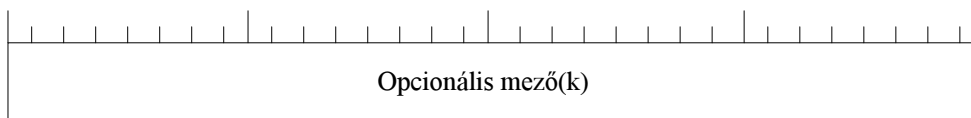
Internet fejrész szerkezete - 4,5



A negyedik, ötödik szó adatai - címzések:

- 32 bit: A „forrás” IP címe.
- 32 bit: A „cél” IP címe.

Internet fejrész szerkezete - 6



A hatodik szótól - 32 bites opcionális információk pl.:

- Security - Védelmi opció.
- Record route - A továbbítás útvonalának naplózása.
- Timestamp - A késleltetési idők naplózása.

IP címek

- A csomópont hálózati rétegbeli azonosítója.
- Pontozott decimális megjelenítés pl. 157.45.190.57
- Az azonosítók kezelése - InterNIC.
- Nem egyedi címeket, hanem címtartományokat (hálózat azonosítókat) osztanak ki az intézményeknek.
- Az IP cím eleje a hálózat azonosítója, a vége a csomópont azonosítója (a hálózaton belül).
- Az IP forgalomirányítás a hálózati azonosítókra épül.
- Hány bit hosszú legyen a hálózat azonosítója?
 - Ha túl kicsi, akkor a nagy tartományok kihasználatlanok.
 - Ha túl nagy, akkor csak kis alhálózatok kezelhetők.

IP címosztályok

Bit#	1	7	24
A osztály	0	Network #	Host #

Bit#	1	1	14	16
B osztály	1	0	Network #	Host #

Bit#	1	1	1	21	8
C osztály	1	1	0	Network #	Host #

Első bájt szabály

Kezdőbit(ek)	1. Bájt értéke	Osztály
0	0 - 127	A
10	128 - 191	B
110	192 - 223	C

Hálózati maszk

A hálózati maszk (netmask):

- Egy olyan 32 bites maszk, mely 1-es bit értékeket tartalmaz a hálózat és alhálózat azonosításában résztvevő bithelyeken és 0-ás bit értékeket tartalmaz a csomópont azonosítására szolgáló bithelyeken.

A hálózati maszk segítségével az eredetileg az osztályba sorolás által (statikusan) meghatározott hálózat-gép határ módosítható.

Prefix hossz:

- A hálózati maszkban szereplő 1-es értékek darabszáma (a hálózat azonosító bithelyek darabszáma).

Alapértelmezett hálózati maszkok

Az egyes osztályokhoz tartozó hálózati maszkok:

- **A osztály:**

Hálózati maszk: 255.0.0.0 Prefix hossz: 8.

- **B osztály:**

Hálózati maszk: 255.255.0.0 Prefix hossz: 16.

- **C osztály:**

Hálózati maszk: 255.255.255.0 Prefix hossz: 24.

Speciális IP címek

00000000.00000000.00000000.00000000

Az aktuális gép (nem specifikált host).

000000....000000	Host
------------------	------

Az aktuális hálózat megadott gépe.

11111111.11111111.11111111.11111111

Broadcast az aktuális hálózaton.

Network	00000000....00000000
---------	----------------------

A megadott hálózat azonosítója.

Network	11111111....11111111
---------	----------------------

Broadcast a megadott hálózaton.

01111111	Bármilyen
----------	-----------

Loopback

Internet Control Message Protocol

Az ICMP protokoll

Az ICMP IP-re épülő protokoll (logikailag felsőbb szintű, transzport protokoll), de funkciója miatt a hálózati réteghez soroljuk.

Az IP-vel együtt **kötelező** implementálni.

Célja:

Az IP datagramok továbbítása során előforduló problémák (hibák) jelzése, jelzőüzenetek küldése.

- Az IP csomagtovábbítás nem megbízható.
- Az IP fejrész protokoll mezőjének értéke 1.
- A forrást informáljuk a bekövetkező problémákról.
- ICMP üzenetek (továbbítási hibáira) nem generálunk ICMP üzenetet.

ICMP csomagszerkezet

Típus	Kód	Ellenőrző összeg
Típus specifikus adat		

Típus: Az üzenet „oka”. (*Destination unreachable, Redirect, Time exceeded, Echo request, Echo reply*)

Kód: A típushoz tartozó kiegészítő kód (Pl.: *Dest. unreachable* típus esetén *Net. Unreachable, Host unreachable, Fragmentation needed and DF set*)

Adat: Tipikusan címzési (és egyéb) információk az üzenettel kapcsolatosan.

IP Forgalomirányítási alapok

Forgalomirányítási alapfogalmak

Forgalomirányítás (routing):

- Csomagok (IP datagramok) továbbítási irányának meghatározásával kapcsolatos döntések meghozatala.

Forgalomirányítási táblázat (routing table):

- A forgalomirányításhoz szükséges információkat tartalmazó táblázat. Tipikus (legfontosabb) mezők:

Célhálózat	Netmask	Kimenő int.	Következő hop	Metrika
------------	---------	-------------	---------------	---------

Hálózati protokollok forgalomirányítási felosztása

Forgalomirányított protokoll (routed protocol):

- Olyan hálózati réteghez kötődő általános adatszállító protokoll, melyet a forgalomirányító (router) irányítani képes (pl. IP, IPX).

Forgalomirányítási protokoll (routing protocol):

- A forgalomirányítási táblázat(ok) felépítéséhez szükséges információk továbbítását (routerek közötti cseréjét) leíró protokoll (pl. RIP, OSPF, BGP).

Egyéb protokoll:

- Az előzőekhez nem sorolható hálózati protokoll (pl. ICMP).

Forgalomirányítók (alapvető) működése

- 1./ A router az input interfészen érkező csomagot fogadja.
- 2./ A router a csomag célcímét illeszti a routing táblázat soraira.
 - Ha a célcím több sorra illeszkedik, akkor a leghosszabb prefixű sort tekintjük illeszkedőnek.
- 3./ Ha nem létezik illeszkedő sor, akkor a cél elérhetetlen, a csomag nem továbbítható.
 - A csomagot a router eldobja és ICMP hibajelzést küld a feladónak.
- 4./ Ha létezik illeszkedő sor, akkor a csomagot az ebben szereplő kimeneti interfészen továbbítjuk (adatkapcsolati rétegbeli beágyazással) a következő hop-ként megadott szomszédhoz, ill. a célállomáshoz, ha már nincs több hop.

Forgalomirányítás – IP cím illesztés

- 1./ A routing tábla sorait prefix hossz szerint csökkenő sorrendbe rendezzük. $N=1$.
 - Ezzel biztosítjuk, hogy több illeszkedő sor esetén a leghosszabb prefixűt fogjuk eredményként kapni.
- 2./ Ha nem létezik a táblázatban az N . sor, akkor nincs illeszkedő sor és vége.
- 3./ A csomag célcíme és az N . sor hálózati maszkja között bitenkénti AND műveletet hajtunk végre.
- 4./ Ha a bitenkénti AND művelet eredménye megegyezik az N . sor célhálózat értékével, akkor a cím az N . sorra illeszkedik és vége.
- 5./ $N=N+1$, és folytassuk a 2. pontnál.

IP Alhálózatok

IP alhálózatok

Miért van szükség alhálózatok létrehozására?

- Az intézmény logikai működése, felépítése, térbeli elhelyezkedése indokolja.
- Egy IP hálózaton több (tipikusan azonos méretű) üzenetszórás (broadcast) tartományt kell létrehozni.

Hogyan hozunk létre alhálózatokat?

- Az IP cím host részének legmagasabb helyiértékű bitjeiből néhányat az alhálózat (subnet) azonosítására használunk.
- Az új hálózat-csomópont határt a hálózati maszk (netmask) értékkel jelöljük (hosszabb prefix-et alkalmazunk).

Alhálózatok - példa

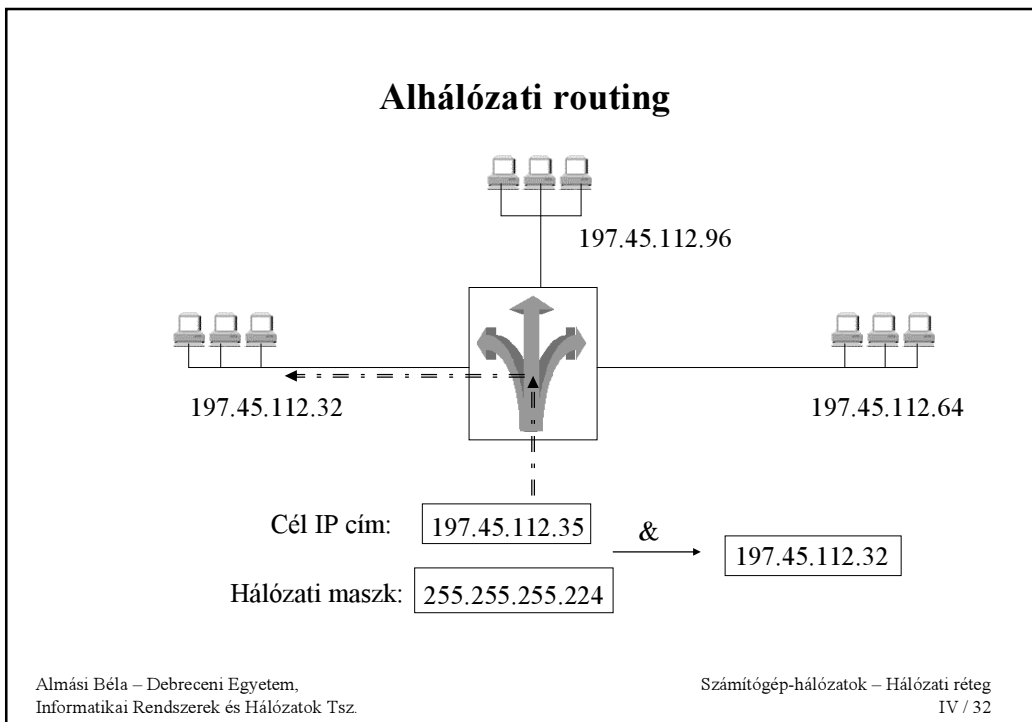
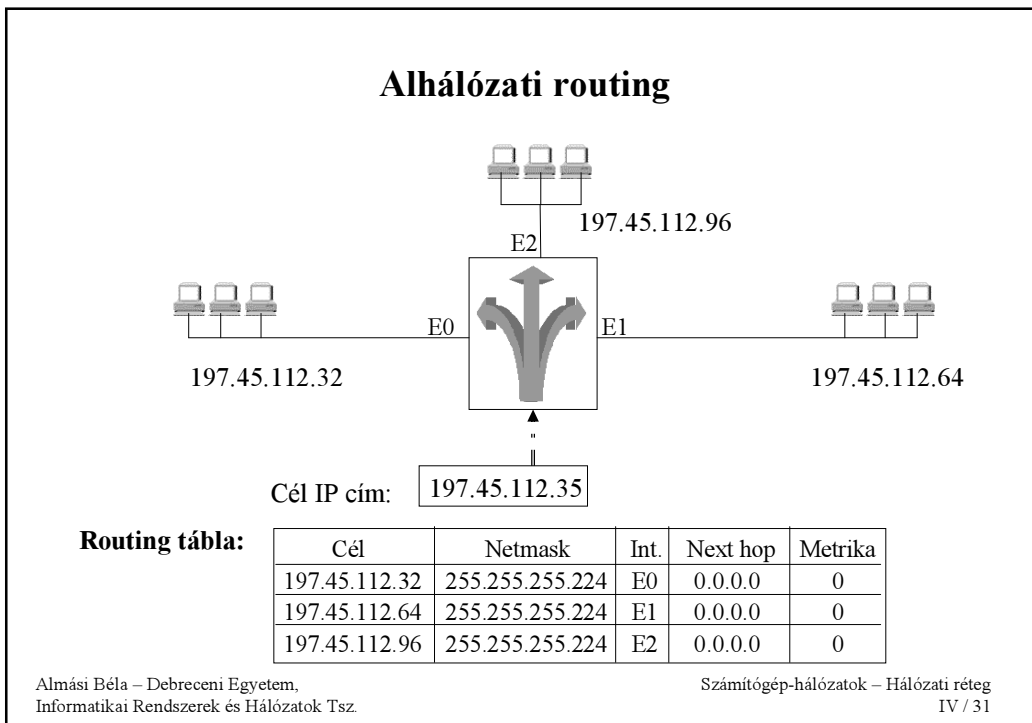
Példa:

- Hálózat IP címe: 197.45.112.0
- Alapértelmezett hálózati maszk: 255.255.255.0
- Használjunk 3 bitet alhálózat azonosításra.
- Hálózati maszk: 255.255.255.224
- Összesen 8 alhálózat elkülönítésére van lehetőség.
- Általában a csupa 0 és a csupa 1 bit értékekből felépülő alhálózat azonosítókat nem használják (6 alhálózat építhető).

Alhálózatok - példa

Az alhálózatok címei:

Sorszám	Alhálózat címe	Alhálózati gépcímek
1.	197.45.112.32	197.45.112.33-62
2.	197.45.112.64	197.45.112.65-94
3.	197.45.112.96	197.45.112.97-126
4.	197.45.112.128	197.45.112.129-158
5.	197.45.112.160	197.45.112.161-190
6.	197.45.112.192	197.45.112.193-222



CIDR - Classless InterDomain Routing

Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Hálózati réteg
IV / 33

Az Internet növekedése

90 Január	927
90 Április	1525
90 Július	1727
90 Október	2063
91 Január	2338
91 Április	2622
91 Július	3086
91 Október	3556
92 Január	4526

Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Hálózati réteg
IV / 34

Internet címkimerülés

Osztályos IP címek kiosztási helyzete 1992-ben (RFC 1466):

	Összes	Kiosztott	Kiosztott (%)
Class A	126	49	38%
Class B	16383	7354	45%
Class C	2097151	44014	2%

IP címosztályok problémái

Az IP címosztályok statikus hálózat-gép határának problémái:

- A kb. ~5000 csomóponttal rendelkező intézmények számára a „B” osztály túl nagy a „C” osztály túl kicsi.
- Szükség van egy dinamikus határ meghatározásra (változó hosszúságú hálózati maszk).
- A 90'-es évek elején az időegység alatt kiosztott új hálózati címek száma exponenciális növekedést mutatott. (A „C” osztályú címek száma 2^{21} !)
- A router-táblázatok mérete a hálózatok számával arányos.
- Meg kell akadályozni a router-táblák robbanásszerű növekedését.

IP címosztály problémák - megoldás

A megoldás: CIDR (Classless Inter-Domain Routing) RFC 1519.

- Folytonos „C” osztályú címek kiosztása („B” helyett).
- A hálózat-gép határ változó hosszúságú hálózati maszk segítségével tetszőleges bitszámmal balra (supernetting) illetve jobbra (subnetting) tolható.
- Területi elrendeződés szerinti címtartomány-zónák kialakítása.
- Összevont forgalomirányítási információk a hálózati maszkok segítségével.
- A hálózati címek reprezentációja:
<Hálózat IP szám, Hálózati maszk>

Kontinensek IP címtartományai

A „C” osztályú IP címtartományokat kontinentális alapon osztják ki (router táblák mérete jelentősen csökkenthető) RFC 1366,1466:

Kontinens	Címtartomány
Európa	194.0.0.0 - 195.255.255.255
Észak-Amerika	198.0.0.0 - 199.255.255.255
Közép- Dél-Amerika	200.0.0.0 - 201.255.255.255
Ázsia, Ausztrália	202.0.0.0 - 203.255.255.255

CIDR példa

Egy Internet-szolgáltató 2048 db „C” osztályú IP cím kiosztásáról rendelkezik:

194.24.0.0 - 194.31.255.255

A szolgáltatót (kívülről) specifikáló információ: <194.24.0.0, 255.248.0.0>

A szolgáltatóhoz 3 intézménytől érkezik Internet csatlakozási igény:

AI 2000 csomópont,

BI 4000 csomópont,

CI 1000 csomópont.

Az intézményeknek kiosztott címek:

AI 194.24.0.0 - 194.24.7.255; <194.24.0.0, 255.255.248.0> (2048 cím)

BI 194.24.16.0 - 194.24.31.255; <194.24.16.0, 255.255.240.0> (4096 cím)

CI 194.24.8.0 - 194.24.11.255; <194.24.8.0, 255.255.252.0> (1024 cím)

CIDR példa

A példa működtetéséhez szükséges forgalomirányítási információk:

- Az európai (aggregált) forgalomirányításhoz:

<194.24.0.0, 255.248.0.0>

Egy bejegyzéssel 2048 db „C” osztályú cím kezelhető.

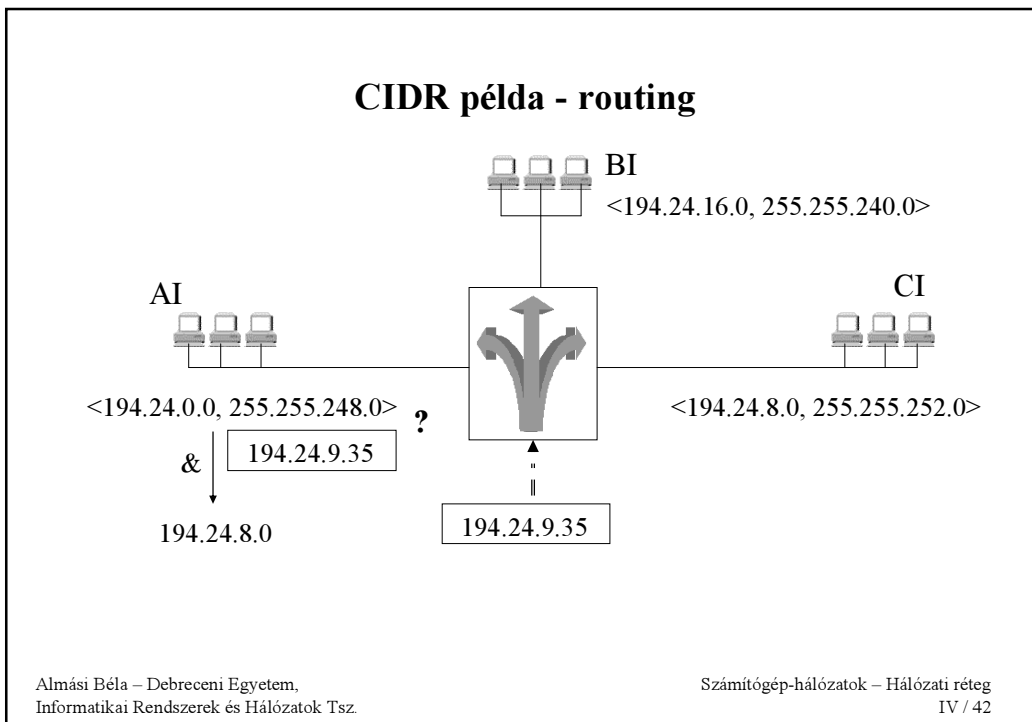
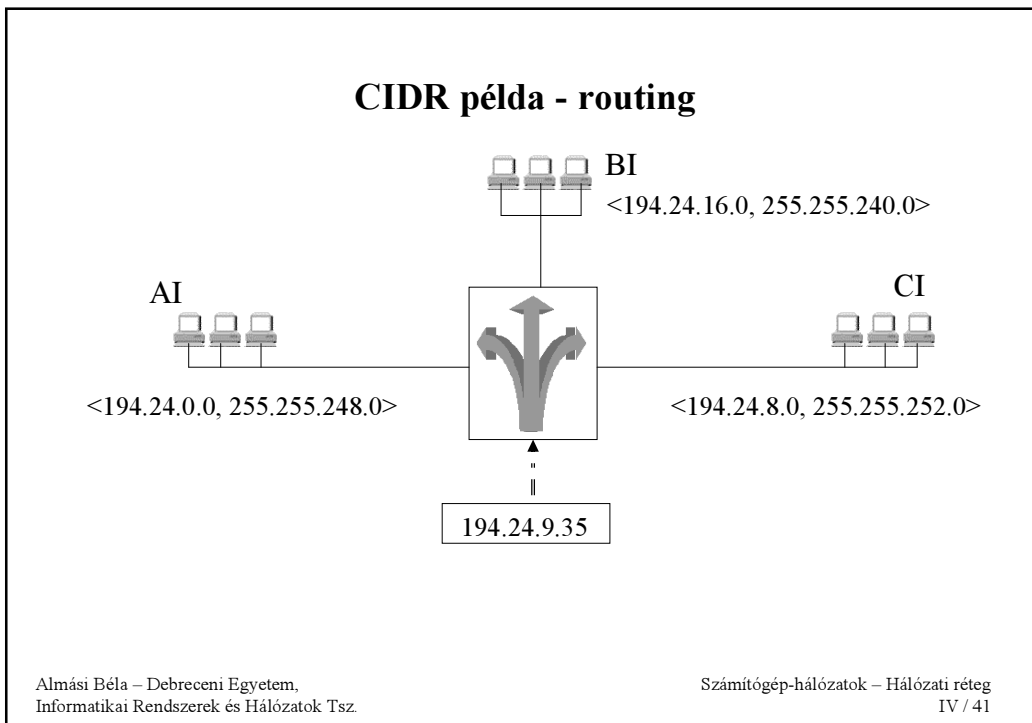
- Az Internet-szolgáltató belső forgalomirányításához:

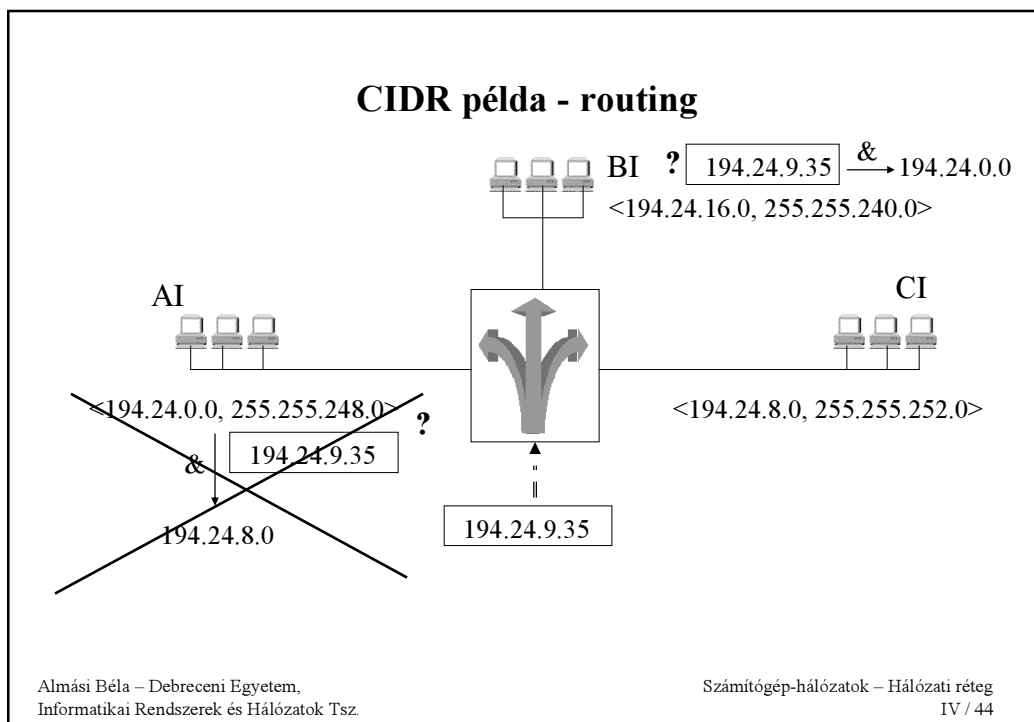
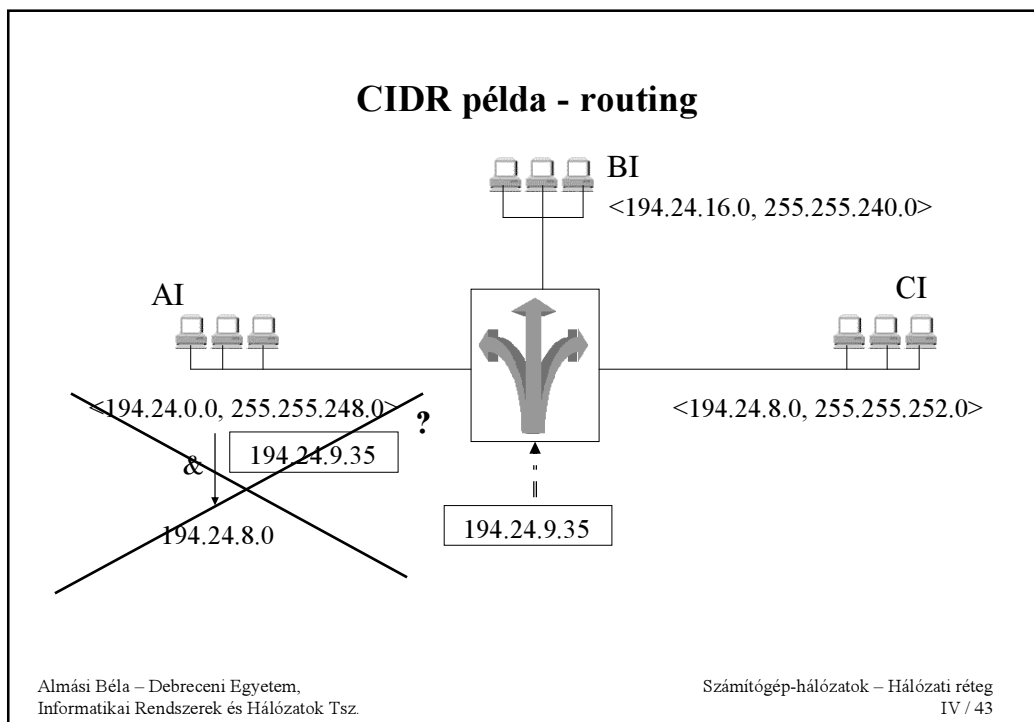
<194.24.0.0, 255.255.248.0>

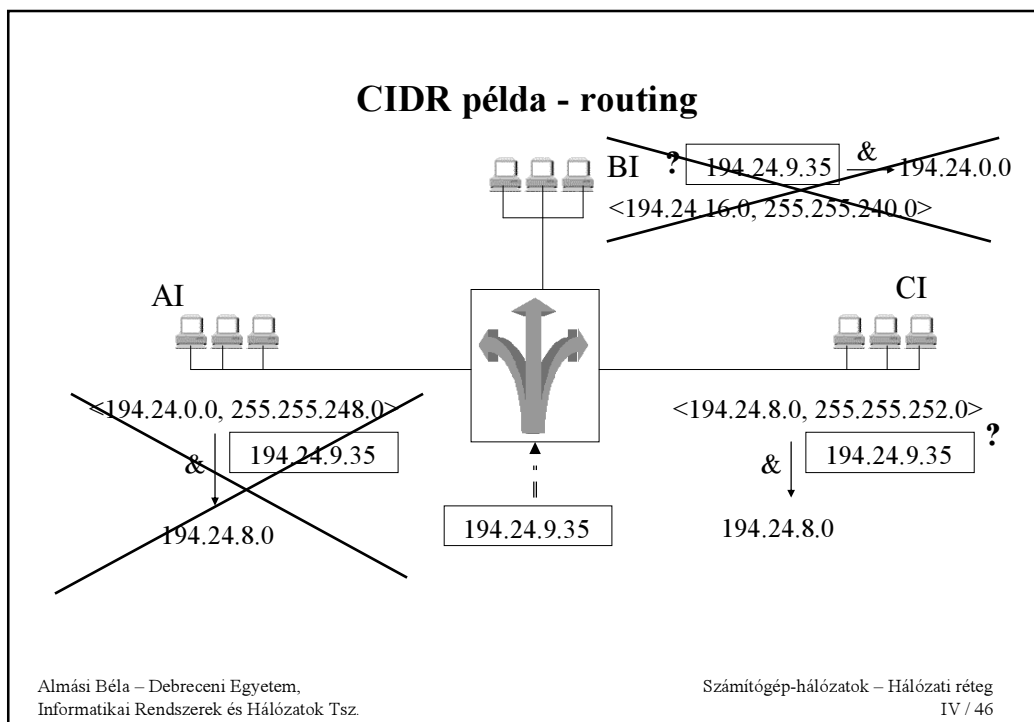
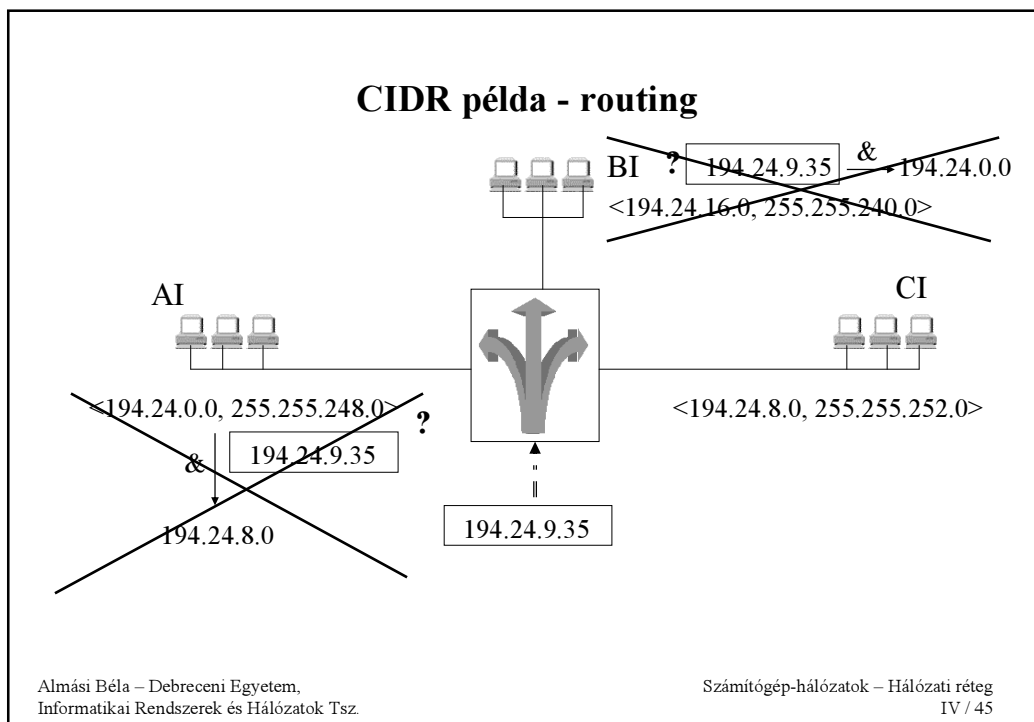
<194.24.16.0, 255.255.240.0>

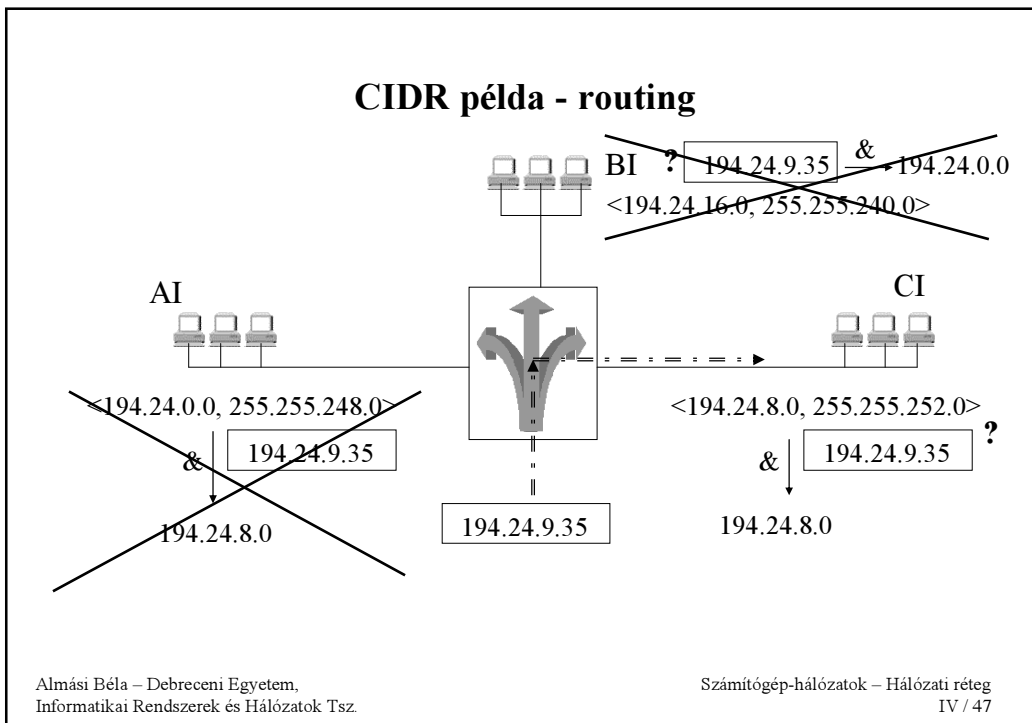
<194.24.8.0, 255.255.252.0>

Három bejegyzéssel 28 db „C” osztályú cím kezelhető.









A Kettős címrendszer problémái

(This section is currently blank)

Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Hálózati réteg
IV / 48

A kettős címrendszer problémái

Problémák a hálózati és adatkapcsolati réteg címrendszeréből adódóan:

- Az adatkapcsolati réteg enkapszulációjához meg kell határozni a hálózati címhez tartozó fizikai címet.
- Bizonyos helyzetekben (pl. Hálózati boot esetén) szükség lehet arra, hogy a fizikai címhez meghatározzák a hálózati címet.

Hálózati cím → Fizikai cím (ARP)

ARP (Address Resolution Protocol) RFC 826

- Minden node egy táblázatban (ARP táblázat) tartja nyilván a hálózati címekhez tartozó fizikai címeket.
- Hogyan kerül be egy új adat (címpár) a táblázatba?
 1. ARP kérdés: Ki tudja az X hálózati cím fizikai címét?
 2. A kérdés keretét üzenetszórásos küldéssel az alhálózat valamennyi csomópontja megkapja és feldolgozza.
 3. Ha valamely csomópont "magára ismer" az X hálózati címben, akkor a saját fizikai címével megválaszolja az ARP kérdést.

ARP keret szerkezete

Hardver típusa		Protokoll típusa	
Fiz. cím hossza	Hál. cím hossza	Művelet kód	
Feladó fizikai címe			
Feladó fizikai címe			
Feladó IP címe		Cél IP címe	
Cél IP címe		Cél fizikai címe	
Cél fizikai címe			

1.-2. szó: Általános ARP fejl.

3.-6. szó: IPv4/Ethernet specifikus adatrész.

Az Ethernet keret típus értéke: 0x0806

Fizikai cím → Hálózati cím (RARP)

RARP (Reverse Address Resolution Protocol) RFC 903

- Csak speciális esetekben szükséges (pl. hálózati boot).
- Egy (vagy több) RARP szerver táblázatban (RARP táblázat) tartja nyilván a fizikai címekhez tartozó hálózati címeket.
- A táblázatot a rendszeradminisztrátor tartja karban.
- A fizikai cím - hálózati cím összerendelés statikus.
- Több RARP szerver esetén egy fizikai címhez minden RARP szerveren ugyan azt a hálózati címet kell rendelni (nem függhet a szervertől az összerendelés).

Fizikai cím → Hálózati cím (RARP)

RARP (Reverse Address Resolution Protocol) RFC 903

Működési vázlat:

1. RARP kérdés: Ki tudja az X fizikai cím hálózati címét?
2. A kérdés keretét üzenetszórásos küldéssel az alhálózat valamennyi csomópontja megkapja.
3. A RARP szerverek feldolgozzák a kérdést: Ha megtalálják a táblázatukban az X fizikai címet, akkor a táblázatban található hálózati címmel megválaszolják a RARP kérdést.

Fizikai cím → Hálózati cím (BOOTP)

BOOTP (BOOTstrap Protocol) RFC 951

- A RARP csak egy üzenetszórási tartományon belül működik.
- A BOOTP egy IP/UDP alapú protokoll, ahol a kliens és a szerver külön üzenetszórási tartományban lehet.
- A BOOTP alapú boot folyamat fázisai:
 - IP szám meghatározás.
 - Boot állomány letöltése (nem vizsgáljuk).
- Működési váza azonos a RARP-ével.
- BOOTP agent - routeren keresztüli boot támogatás.

Fizikai cím → Hálózati cím (DHCP)

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) RFC 1531

- Egy IP címtartomány dinamikus kiosztását teszi lehetővé.
- Több DHCP szerver működése esetén a szerverek által kezelt címtartományok (alaphelyzetben) nem fedhetik át egymást.
- BOOTP-hez hasonló csomagszerkezet.
- A kliensek egy (megújítható) időszakra kapják az IP címet.

Fizikai cím → Hálózati cím (DHCP)

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) működési vázlata:

1. DHCP kérdés: Ki tud adni egy IP címet? (DHCPDISCOVER)
2. A kérdés keretét tizenetszórásos küldéssel az alhálózat valamennyi csomópontja megkapja (DHCP relay agent).
3. A DHCP szerverek feldolgozzák a kérdést: Ha a kezelt címtartományukban még van szabad IP cím, akkor azzal megválaszolják a DHCP kérdést. (DHCPOFFER)
4. A kliens a hozzá érkező DHCP válaszokból választ egyet, s visszajelzi a választását a megfelelő DHCP szervernek. (DHCPREQUEST)
5. A DHCP szerver „könyveli” a címválasztást (foglalt lett a cím), s a könyveléstől megerősítést küld a kliensnek. (DHCPACK/DHCPNAK)

DHCPDECLINE: A szervertől kapott IP cím érvénytelen (használt).

DHCPRELEASE: A kliensnek nincs tovább szüksége az IP címre.

DHCP fejrész szerkezete

Op. kód	Hardver típusa	Fiz. cím hossza	Hop
Tranzakció azonosító			
Folyamat ideje (sec)	B	Nem használt (zéró)	
Kliens IP címe (DHCPREQUEST ell.)			
Kliens IP címe (DHCPOFFER)			
Szerver IP címe (DHCPOFFER, DHCPACK, DHCPNAK)			
DHCP Relay agent IP címe			
Kliens fizikai címe (16 byte)			
Szerver DNS neve (64),		Boot file neve (128),	Opciók(312)

IP - Forgalomirányítás

Forgalomirányítási alapfogalmak

Forgalomirányítás (routing):

- Csomagok (IP datagramok) továbbítási irányának meghatározásával kapcsolatos döntések meghozatala.

Forgalomirányítási táblázat (routing table):

- A forgalomirányításhoz szükséges információkat tartalmazó táblázat. Tipikus (legfontosabb) mezők:

Célhálózat	Netmask	Kimenő int.	Következő hop	Metrika
------------	---------	-------------	---------------	---------

Forgalomirányítási alapfogalmak

Forgalomirányított protokoll (routed protocol):

- Olyan hálózati réteghez kötődő általános adatszállító protokoll, melyet a forgalomirányító (router) irányítani képes (pl. IP, IPX).

Forgalomirányítási protokoll (routing protocol):

- A forgalomirányítási táblázat(ok) felépítéséhez szükséges információk továbbítását (routerek közötti cseréjét) leíró protokoll (pl. RIP, OSPF, BGP).

Forgalomirányítási alapfogalmak

Autonóm rendszer (AS):

- Hálózatok forgalomirányítási adminisztrációs egysége, amelyben egy közös forgalomirányítási stratégia (routing protocol) érvényesül.

Metrika:

- Egy adott forgalomirányítás eredményeként előálló útvonal minőségének mérési módja, alapvetően két (egymásba transzformálható) kategória:
 - Távolság alapú (költség alapú) metrika.
 - Jóság alapú metrika.

Forgalomirányítók (alapvető) működése

- 1./ A router az input interfészen érkező csomagot fogadja.
- 2./ A router a csomag célcímét illeszti a routing táblázat soraira.
 - Ha a célcím több sorra illeszkedik, akkor a leghosszabb prefixű sort tekintjük illeszkedőnek.
- 3./ Ha nem létezik illeszkedő sor, akkor a cél elérhetetlen, a csomag nem továbbítható.
 - A csomagot a router eldobja és ICMP hibajelzést küld a feladónak.
- 4./ Ha létezik illeszkedő sor, akkor a csomagot az ebben szereplő kimeneti interfészen továbbítjuk (adatkapcsolati rétegbeli beágyazással) a következő hop-ként megadott szomszédhoz, ill. a célállomáshoz, ha már nincs több hop.

Forgalomirányítás – IP cím illesztés

- 1./ A routing tábla sorait prefix hossz szerint csökkenő sorrendbe rendezzük. $N=1$.
 - Ezzel biztosítjuk, hogy több illeszkedő sor esetén a leghosszabb prefixűt fogjuk eredményként kapni.
- 2./ Ha nem létezik a táblázatban az N . sor, akkor nincs illeszkedő sor és vége.
- 3./ A csomag célcíme és az N . sor hálózati maszkja között bitenkénti AND műveletet hajtunk végre.
- 4./ Ha a bitenkénti AND művelet eredménye megegyezik az N . sor célhálózat értékével, akkor a cím az N . sorra illeszkedik és vége.
- 5./ $N=N+1$, és folytassuk a 2. pontnál.

Forgalomirányítási konfigurációk osztályozása

Minimális routing:

- Teljesen izolált (router nélküli) hálózati konfiguráció.

Statikus routing:

- A forgalomirányítási táblázatot a rendszeradminisztrátor tartja karban.

Dinamikus routing:

- A forgalomirányítási táblázat(ok) valamilyen routing protocol segítségével kerülnek karbantartásra.
 - Belső forgalomirányítási protokollok (IGP - Pl. RIP, OSPF).
 - » Legfőbb alapelv a „legjobb útvonal” meghatározása ún. távolságvektor alapú vagy link állapot alapú módszerrel.
 - Külső forgalomirányítási protokollok (EGP - Pl. EGP, BGP).
 - » Nem feltétlenül a legjobb útvonal meghatározása a cél (politika alapú forgalomirányítás - BGP).

Távolságvektor alapú forgalomirányítás (Distance Vector Routing)

Távolságvektor alapú forgalomirányítás

Működési alapelv:

- A routerek minden elérhető célra (gép vagy hálózat) nyilvántartják, hogy a legjobb úton milyen irányban milyen távolsággal érhető el az adott cél (távolságvektor).
- A forgalomirányítók ezen információkat meghatározott időközönként kicserélik egymással.
- Az új információk birtokában a routerek ellenőrzik, hogy szükséges-e változás valamelyik eddig ismert legjobb úttal kapcsolatban.

Távolságvektor - matematikai háttér

Definíció: $d(i,j)$ jelölje az i és j entitások közvetlen elérési költségét (közvetlen távolságát):

$$d(i,j) = \begin{cases} \text{a hálózat használati költsége, ha } i \text{ és } j \text{ egy hálózatban vannak,} \\ \infty, \text{ egyébként.} \end{cases}$$

Definíció: $D(i,j)$ jelölje az i és j entitások legrövidebb úton történő elérésének távolságát.

$$D(i,j) = \begin{cases} 0, \text{ ha } i = j, \\ \min_k \{d(i,k) + D(k,j)\}, \text{ egyébként.} \end{cases} \quad (1)$$

- A minimumot elegendő a szomszédos k entitásokra számítani.
- $D(i,j)$ számítási formulájának helyessége indukcióval bizonyítható.

Routing tábla felépítés (Bellman-Ford)

Kiindulási helyzet:

- Legyen $D(i, j) = \begin{cases} 0, & \text{ha } i = j, \\ \infty, & \text{egyébként.} \end{cases}$
- Minden i entitás ismeri a $d(i, k)$ távolságot minden k szomszédjára vonatkozóan.

Működési algoritmus (tetszőleges $i \rightarrow j$ útra vonatkoztatva):

- 1./ Minden i entitás minden k szomszédjától megkapja a $D(k, j)$ értéket.
- 2./ Az i entitás minden k szomszédjára vonatkoztatva kiszámítja az (1) formulában szereplő minimum értéket az 1./ pontban kapott információ segítségével.
Ha az új minimum érték kisebb, mint az eddigi $D(i, j)$, akkor a j entitás i -ből aktuálisan az új minimumot szolgáltató k entitás felé érhető el a számított minimum értéket használva $D(i, j)$ -ként.
- 3./ Folytassuk az 1./ pontnál.

Az eljárás véges sok lépés után az optimális utat szolgáltatja.

Távolságvektor - routing tábla problémák

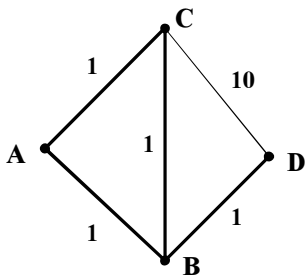
Túl kicsi kezdőérték probléma:

- Ha az optimális út „megsérül” nagyobb költségű (hosszabb) út nem léphet helyébe.
- Megoldás: Az optimális út irányából érkező nagyobb költség felülírja a (kisebb) költséget.

Végtelenig számlálás (Count to infinity) probléma:

- Az eljárás bizonyos esetekben igen lassan reagál a topológia változására.

Végtelenig számlálás - példa

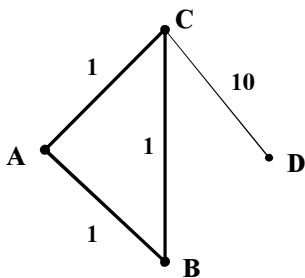


Tekintsük a „D”-be irányuló forgalomirányítást.

Kiinduló forgalomirányítási bejegyzések (optimális irányok D-be):

- A: B,2
- B: D,1
- C: B,2

Végtelenig számlálás - példa



Tekintsük a routing táblák alakulását a B-D link sérülése esetén:

A	B,2	C,3	C,4	C,5	...	C,10	C,11	C,11
B	---	C,3	C,4	C,5	...	C,10	C,11	C,11
C	B,2	A,3	A,4	A,5	...	A,10	D,10	D,10

Routing Information Protocol - RFC 1058

A Routing Information Protocol (RIP) jellemzői:

- Távolságvektor alapú IGP protokoll.
- Régi, de folyamatosan fejlesztik, javítják.
- Metrika: Hop-ok száma (16=végtelen távolság).
- Max. 15 router hosszúságú optimális útvonalak esetén használható.
- 30 másodpercenkénti routing információ küldés.
- „Triggerelt update” a végtelenig számlálás idejének csökkentésére.
- RIP V2 (RFC 1723) CIDR kompatibilis.

RIP Forgalmirányítási Táblázat

A RIP routing táblázatának legfontosabb elemei:

- A cél (gép vagy hálózat) IP száma.
- A célhoz vezető optimális út hossza.
- Az optimális út szerint következő router IP száma.
- A következő routerhez vezető interfész azonosítója.
- Időzítéssel kapcsolatos információk.
- Különböző jelzőbeállítások (Flag-ek).

Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP)

- Cisco saját távolságvektor alapú routing protokollja.
- 90 sec-ként routing update.
- Sokcélú, flexibilis, skálázható.
- Metrika: összetett (öt változóból számított, súlyozható):
 - bandwidth
 - delay
 - load
 - reliability
 - MTU

Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP)

Legfontosabb jellemzők:

- CIDR kompatibilis.
- A metrika alaphelyzetben „Bandwith”-re épül.
- Szomszéd felderítési mechanizmus (broadcast elkerülés).
- Végtelenig számlálás kezelése:
 - Split Horizon, Holddown Timer, Triggerelt update.
 - Potenciális helyettesítő útvonalak nyilvántartása.
- Update (nem teljes táblázat) küldés.
- Integrált routing (több irányított protokollra alkalmazható).

Link állapot alapú forgalomirányítás (Link State Routing)

Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Hálózati réteg
V / 19

Link állapot alapú forgalomirányítás

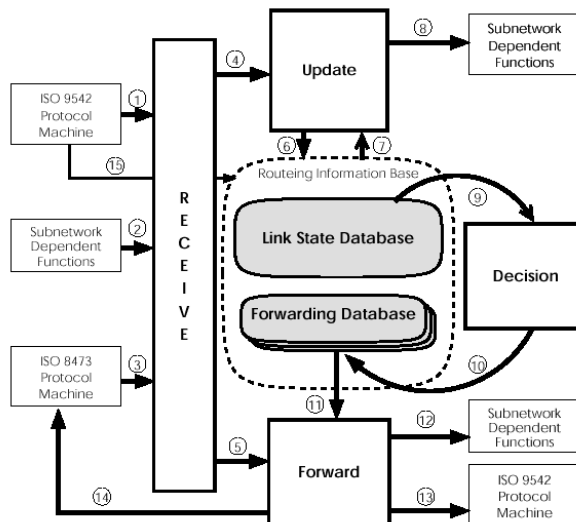
Link State Routing működési vázlat:

- 1./ Szomszédok felfedezése
- 2./ A szomszédok felé vezető út költségének (hosszának) mérése.
- 3./ Csomag készítés a mérési eredményekről.
- 4./ A készített csomag küldése a hálózati egység összes forgalomirányítójának.
- 5./ Minden router ismeri a hálózat topológiáját, s ki tudja számítani (pl. Dijkstra algoritmussal) az többi routerhez vezető optimális utat (feszítőfa, spanning tree).

Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Hálózati réteg
V / 20

Link állapot alapú routing – folyamatok (IS-IS)



Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Hálózati réteg
V / 21

Legrövidebb út számítása (Dijkstra algoritmus)

```
#define MAXNODES 1024 /* maximum number of nodes */
#define INFINITY 1000000000 /* larger than every maximum path */
int dist[MAXNODES][MAXNODES]; /* dist[i][j] is the distance from i to j */

void shortestpath(int n, int s, int t, int path[]) {
    struct state { /* the path being worked on */
        int predecessor; /* previous node */
        int length; /* length from source to this node */
        enum {permanent, tentative} label; /* label state: permanent, tentative */
    } state[MAXNODES];
    int i, k, min;
    struct state *p;
    for (p = &state[0]; p < &state[n]; p++) { /* initialize state */
        p->predecessor = -1; p->length = INFINITY;
        p->label = tentative;
    }
    state[t].length = 0; state[t].label = permanent; k = t; /* k is the initial working node */
```

Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Hálózati réteg
V / 22

Legrövidebb út számítása (Dijkstra algoritmus)

```

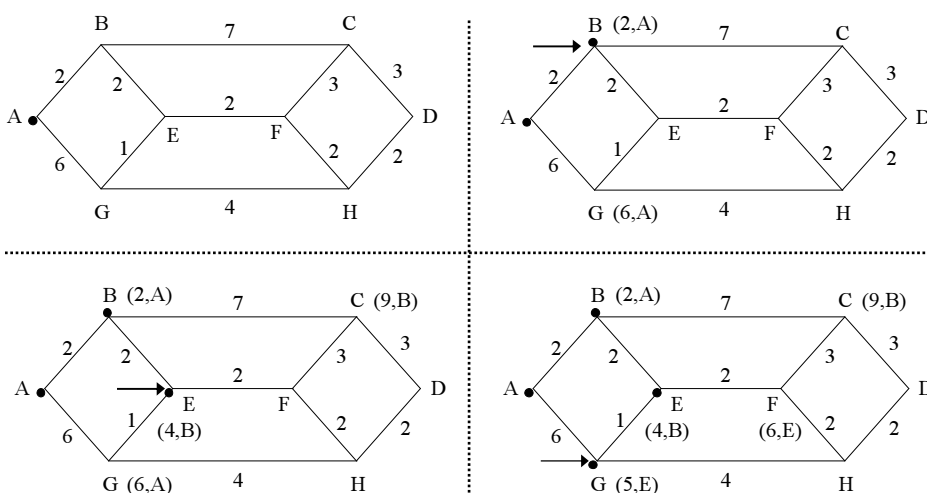
do {
    for (i = 0; i < n; i++)
        if (dist[k][i] != 0 && state[i].label == tentative)
            if (state[k].length + dist[k][i] < state[i].length) {
                state[i].predecessor = k;
                state[i].length = state[k].length + dist[k][i];
            }
    /***** Find the tentatively labeled node with the smallest label. *****/
    k = 0; min = INFINITY;
    for (i = 0; i < n; i++)
        if (state[i].label == tentative && state[i].length < min)
            { min = state[i].length; k = i; }
    state[k].label = permanent;
} while (k != s);

/***** Copy the path into the output array. *****/
i=0; k=s; do {path[i++] = k; k = state[k].predecessor; } while (k >= 0);
/***** End of shortestpath *****/
    
```

Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Hálózati réteg
V / 23

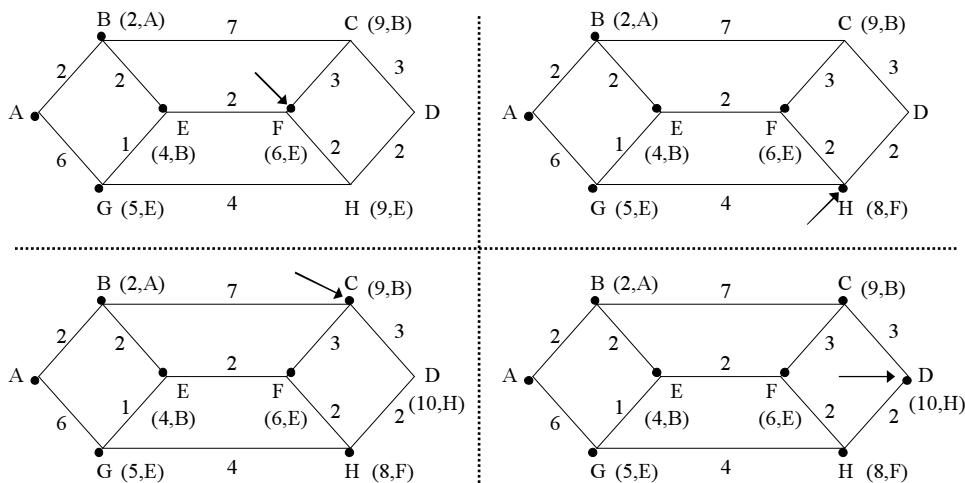
Dijkstra algoritmus - példa



Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Hálózati réteg
V / 24

Dijkstra algoritmus - példa



Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Hálózati réteg
V / 25

Open Shortest Path First - RFC 1131

Az Open Shortest Path First (OSPF) jellemzői:

- Link állapot alapú IGP protokoll.
- Új, 90'-es évektől alapértelmezettként javasolt.
- AS-nél kisebb hálózati egység, terület (area) használata.
- Forgalomirányítók (nem diszjunkt) osztályozása:
 - Területen belül működő forgalomirányítók.
 - Területek határán álló forgalomirányítók.
 - Gerinchálózaton (backbone) üzemelő forgalomirányítók.
 - AS határon működő forgalomirányítók.
- Egyenlő költségű többutas irányítás lehetősége.
- IP fejléc „Szolgáltatás típusa” mezőjének használata.
- Mai verzió: OSPF V2 (RFC 1583).

Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Hálózati réteg
V / 26

OSPF területek

A döntési folyamat (Dijkstra algoritmus) alapja a terület (area).

A területek „csillag alakzatot” formáznak, középpontjában a területeket összekötő speciális területtel (backbone).

A terület határ router-ek feladata összetett:

- Minden területhez (külön) döntési folyamat.
- A területekből tanult információk összegzése.
- Az összegzett információk bevitele a többi területbe.

Területek közötti forgalomirányítás (inter area routing):

- Routing a forrás területben a határ router-ig.
- Routing a backbone-on a cél terület határ router-ig.
- Routing a cél területben a cél hálózatiig.

OSPF – speciális fogalmak

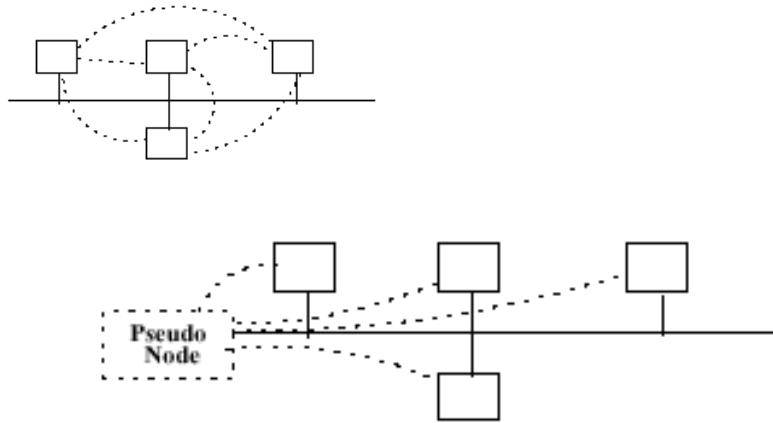
Designated Router

- Olyan router, mely egy LAN nevében propagál link-állapot (LSA) információkat.

Pszedonode

- Egy üzenetszórásos alhálózatban maga az alhálózat egy ál csomópontnak (pszedonode) tekinthető. A designated IS a pszedonode nevében propagálja az LS információkat. (A szükséges információcsere száma n^2 nagyságrendről $2n$ nagyságrendre csökkenthető)

OSPF speciális fogalmak



Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Hálózati réteg
V / 29

OSPF adatok nyilvántartása

Az OSPF router táblázatának legfontosabb elemei:

- Cél típusa (hálózat, terület határ router, AS határ router).
- Cél azonosító (IP szám).
- Szolgáltatás típusa.
- A célhoz vezető út/utak megadása:
 - Út típusa (intra-area, inter-area, AS-external).
 - Út költsége.
 - Következő forgalomirányító (IP szám, elérés interfésze).

Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Hálózati réteg
V / 30

Transzport Réteg

Transzport réteg protokollok

UDP - User Datagram Protocol RFC 768

- Összeköttetés mentes, nem megbízható transzport réteg protokoll.

TCP - Transmisson Control Protocol RFC 793

- Összeköttetés alapú, megbízható transzport réteg protokoll.

UDP fejrész szerkezete

Forrás portszám	Cél portszám
Hossz (bájt)	Ellenőrző összeg

TCP fejrész szerkezete

Forrás portszám			Cél portszám					
Sorszám (SEQ No.)								
Megerősítés száma (ACK No.)								
Data Offset	Foglalt	U R G	A C K	P S H	R S T	S Y N	F I N	Ablakméret
Ellenőrző összeg				URG pointer				
Opciók							Kitöltés	

PORT számok - protokollok (RFC 1700)

echo	7/tcp	echo
echo	7/udp	echo
ftp-data	20/tcp	# File Transfer [Default D]
ftp-data	20/udp	# File Transfer [Default D]
ftp	21/tcp	# File Transfer [Control]
telnet	23/tcp	telnet
telnet	23/udp	telnet
smtp	25/tcp	mail # Simple Mail Trans
smtp	25/udp	mail # Simple Mail Trans
http	80/tcp	# World Wide Web HTTP
http	80/udp	# World Wide Web HTTP

Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Transzport és Applikációs réteg
VI / 5

TCP - Három-utas kézfogás

TCP Client	TCP Server
0. CLOSED	LISTEN
1. SYN-SENT --> <SEQ=100><CTL=SYN>	--> SYN-RECEIVED
2. ESTABLISHED <-- <SEQ=300><ACK=101><CTL=SYN,ACK>	<-- SYN-RECEIVED
3. ESTABLISHED --> <SEQ=101><ACK=301><CTL=ACK>	--> ESTABLISHED
4. ESTABLISHED --> <SEQ=101><ACK=301><CTL=ACK><DATA>	--> ESTABLISHED

Almási Béla – Debreceni Egyetem,
Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tsz.

Számítógép-hálózatok – Transzport és Applikációs réteg
VI / 6

DNS - Tartománynév kezelő rendszer

Nevek használata - kezdeti megoldások

Természetes emberi igény IP számok helyett nevek használata.

- Kezdeti megoldás: hosts.txt állomány letölthető a NIC-től.
- Néhány 100 csomópont esetén működtethető.
- Internet növekedése (80'-as évek) - új megoldás szükséges.

DNS - Domain Name System RFC 1034, 1035

- Hierarchikus tartományalapú névkiosztási séma.
- Osztott adatbázisban történő implementáció.

DNS Tervezési szempontok

Alapvető cél: nevekhez erőforrások rendelése.

Nagyméretű adatbázis elosztott kezelése

- Átmeneti tárolás (cache) lehetőség biztosítása.

Általános célú megoldásnak kell lennie.

- név → hálózati cím,
- név → postafiók információ,
- Egyéb (előre nem ismert) applikációk támogatási lehetősége.

Tagolás: osztály és típus szerint.

A lekérdezési tranzakció független a kommunikációs eszköztől.

Platformfüggetlen megvalósíthatóság.

DNS Alkalmazási Feltételezések

Adatok (többségének) lassú változása.

Adminisztratív határok (zónák) kialakítása.

- Általában a zónák intézményeket reprezentálnak.
- Névszerver(eke)t üzemeltetnek.
- Felelősek a tartománynevek egy halmazáért.

Biztosítani kell a kliensek névszerverhez kapcsolódási lehetőségét.

Adathozzáférés kiemelt prioritása (konzisztenciával, naprakészséggel szemben).

Más névszerveren tárolt adatra vonatkozó kérdés megválaszolása:

- Iteratív módszer (kötelező).
- Rekurzív módszer (opcionális).

DNS Komponensek

A tartománynevek rendszerének három fő komponense:

- Tartománynevek (körzetnevek) tere és erőforrás rekordok.
- Névszerverek.
- Címfeloldó (resolver) programok.

Tartománynevek tere

Fa típusú gráf, melyben minden csúcs egy erőforráshalmazt reprezentál.

A csúcsokhoz egy (max. 63 bájt hosszúságú) címkét rendelünk.

- Két testvér csúcs címkéje nem lehet azonos.
- A zéró hosszúságú címke („null címke”) a gyökér számára kizárólagosan foglalt.
- Címke belső reprezentációja:
 - A címke hossza egy bájton.
 - A megfelelő karaktersorozat (bájt-string).
- A kis- és nagybetűk között nem teszünk különbséget, de célszerű megtartani a forrás írásmódját.

Abszolút tartománynevek

Gráfelméleti alapok DNS alkalmazása:

- A tartománynevek terében bármely csúcs egyértelműen reprezentálható a csúcstól a gyökérig vezető utat leíró címkesorozattal (abszolút tartománynév).

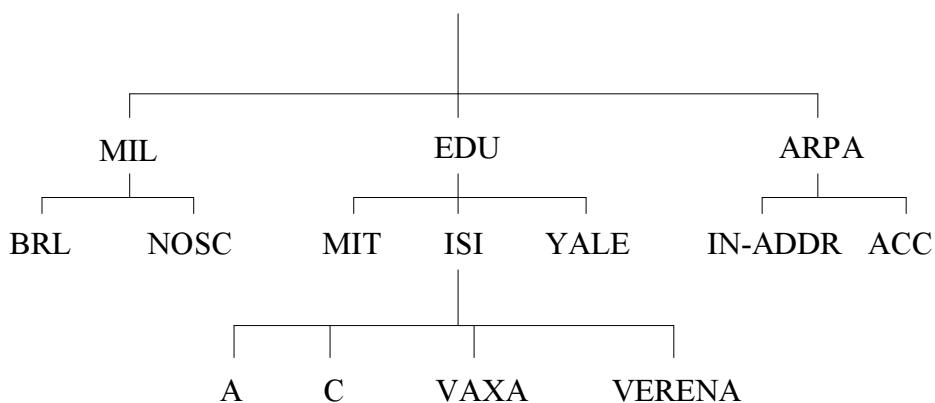
Abszolút tartománynév belső reprezentációja:

- Maximum 255 bájttal hosszúságú.
- A címkeket sorrendhelyesen konkatenáljuk.
- Szükségképpen NULL karakterrel (0 bájttal) végződik.

Tartománynevek reprezentációja felhasználói interfészeknél:

- Címke-sztring sorozat, elválasztó karakter a pont (.)
- Lehet abszolút és relatív.

Tartománynév tér példa



Tartománynev tér példa

Abszolút név felhasználói specifikációja pl.:

vaxa.isi.edu.

Relatív név felhasználói specifikációja pl.:

vaxa (relatív az isi.edu. -hoz képest)

vaxa.isi (relatív az edu. -hoz képest)

vaxa.isi.edu. belső reprezentációja (hexadecimális forma):

04	76	61	78	61	03	69	73	69	03	65	64	75	00
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Erőforrás rekordok

A tartománynevek egy csomópontot specifikálnak.

A csomópontokhoz egy erőforrás-halmaz társítható.

Az információs erőforrások ú.n. erőforrás rekordokban (Resource Record, RR) tárolódnak.

Az erőforrás rekordok sorrendje lényegtelen.

Az erőforrás rekordok mezői:

- tulajdonos
- osztály
- típus
- élettartam
- adat

Erőforrás rekordok szerkezete

Tulajdonos:

- Az a tartománynév, amelyhez a RR tartozik.

Osztály:

- 16 bites érték, mely egy protokollcsaládot, vagy egy protokollt azonosít.
- IN - az Internet protokollcsalád.
- CH - A Chaos protokollcsalád.

Élettartam (TTL):

- 32 bites érték: A RR max. felhasználhatósági ideje (sec).

Erőforrás rekordok szerkezete

Típus:

- 16 bites érték a típus szerinti tagoláshoz.
- A legfontosabb típusok és jelentésük:

A	A tulajdonos hálózati címe.
CNAME	Egy alias névhez kanonikus név rendelése.
HINFO	CPU, Op.rsz. információk meghatározása.
MX	Levélforgalmazó (mail exchange) megadása.
NS	Névszerver rendelése a tartományhoz.
PTR	Pointer a név tér egy másik területére.
SOA	Hitelességi (authority) zóna specifikációja.

Erőforrás rekordok szerkezete

Érték (RDATA):

- A típustól függően értelmezendő bitsorozat (adat):

Típus	Adat
A	32 bites IP cím (IN osztály esetén).
CNAME	Tartománynév.
HINFO	Tetszőleges sztring.
MX	16 bites prioritás érték és egy tartománynév.
NS	Egy host tartományneve.
PTR	Egy tartománynév.
SOA	Több mezőből álló rekord.

A tartománynév tér partícionálása

A tartománynevek tere két (természetes) módon darabolható:

- Az osztály tagozódás alapján.
 - A különböző osztályok parallel név tér faként foghatók fel.
- A tartománynév tér (fa) éleinek átvágásával.
 - Ha a tartománynevek terében bizonyos éleket „átvágunk”, akkor a maximálisan összefüggő részgráfok szintén fa struktúrájúak.
 - Egy ilyen maximálisan összefüggő részgráfot zónának nevezünk.
 - Egy zóna reprezentálható a gyökérhez legközelebbi csúcának tartománynevével.
 - A zónák közötti „átvágásokat” nyilván kell tartanunk.

Névszerverek

A névszerverek olyan szerver-programok, melyek:

- Információt tárolnak a tartománynevek gráfjáról.
- Tartománynevekhez tartozó erőforrás rekordokat tárolnak.
 - Egy (vagy több) zónához tartozó valamennyi csomópont hiteles (authoritative) erőforrás rekordját.
 - » A zóna gyökérhez legközelebbi csúcsát leíró adatokat.
 - Szomszéd (gyermek) zónákhoz (és ezek névszervereihez) vezető információkat.
 - Időlegesen más zónákhoz tartozó RR-t (cache).
- Kérdéseket (lekérdezéseket) válaszolnak meg.
 - Rekurzív módon
 - Nem rekurzív (iteratív) módon.

DNS kérdések

A lekérdezések és válaszok egy standard formátumot követnek:

- Fejrész
 - Egy bitkombináció a különböző kérdések (pl. standard query, status query stb.) elkülönítésére.
- Kérdés
 - A kérdéses név, és a kérdés egyéb paraméterei.
- Válasz
 - A kérdéshez tartozó direkt válasz.
- Hitelesség
 - A hiteles szerverek adatait leíró rekordok.
- További adatok
 - A kérdéshez kapcsolódó egyéb információk (RR).

DNS kérdés - példa

Fejrész	OPCODE=Standard Query
Kérdés	QNAME=ISI.EDU. CLASS=IN TYPE=MX
Válasz	
Hiteles	
További	

DNS válasz - példa

Fejrész	OPCODE=Standard Query, Response, AA
Kérdés	QNAME=ISI.EDU. CLASS=IN TYPE=MX
Válasz	ISI.EDU 86400 IN MX VAXA.ISI.EDU.
Hiteles	
További	VAXA.ISI.EDU IN A 10.2.0.27 A 128.9.0.33

Rekurzív - Nem rekurzív módszer

Nem rekurzív módszer:

- Szerver oldalon a legegyszerűbb megvalósítás.
- Minden névszerverben implementált.
- A kliensnek lehetősége nyílik az információk értékelésére.

Rekurzív módszer:

- Kliens oldalon a legegyszerűbb megvalósítás.
- Szerveren megvalósítható átmeneti tárolás (cache).
- Opcionális, mind a szerveren, mind a kliensen implementálnak kell lennie.
 - A szerver minden válaszában egy bit (RA) jelzi az implementációt.
 - A kliens a kérdésben egy bittel (RD) jelzi a rekurzív igényt.

Címfeloldó (resolver) programok

A címfeloldó programok a felhasználói programok és a névszerverek közötti interfészek.

A címfeloldás ideje lehet kicsi (milisec.) pl. helyi adatokból felépített válasz esetén, de lehet nagy (több sec.) névszerverek adatait kérdezve.

A címfeloldás kliens oldala általában platformfüggő.

Általános funkciók:

- Gép név → gép cím meghatározás.
- Gép cím → gép név meghatározás.
- Általános lekérdezési funkció.

Címfeloldási eredmények

A címfeloldók az igényelt tevékenység elvégzése után (általában) a következő eredményekkel térhetnek vissza:

- Egy vagy több RR, a választ tartalmazva.
- Név hiba (Name Error, NE).
 - A kért név nem létezik.
- Adat nem található (Data Not Found).
 - A név létezik, de a kért adat (vagy típus) nem.
- Átmeneti hiba.
 - Pl. valamilyen hálózati hiba (vonalhiba) miatt a kért zóna nem elérhető.
 - Gyakran nem implementálják külön válaszként.