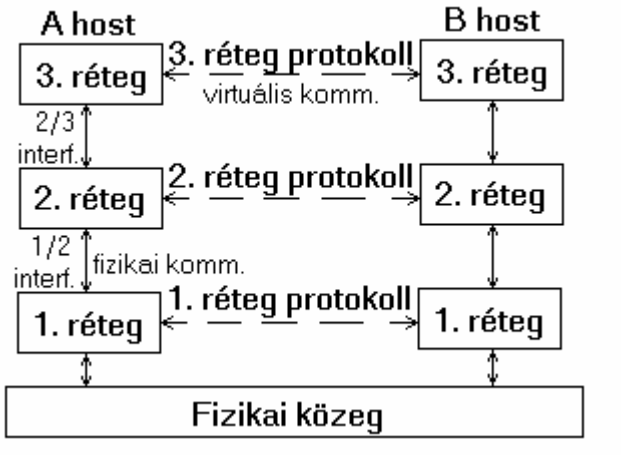
SZÁMÍTÓGÉP HÁLÓZAT

Számítógép Hálózat
Autonóm számítógépek összekapcsolt rendszere. Autonóm: működésük egymástól független. Összekapcsolt: információcserére képesek.

Elosztott rendszer
Van egy speciális szoftver, operációs rendszer, amely elrejti a hálózat elemeit.

Architektúra:
A modern hálózatok tervezését szigorúan strukturált módon végzik. A hálózatokat rétegekbe (layer) vagy szintekbe (level) szervezik, melyek mindegyike az azt megelőzőre épül. Az egyes réteg neve, tartalma, funkciója más és más, de mindegyiknek a célja az, hogy jól definiált szolgáltatásokat nyújtson a felsőbb rétegnek, és elrejtse előle a szolgáltatás részleteit. Az egyik host n. rétege a másik n. rétegével kommunikál.



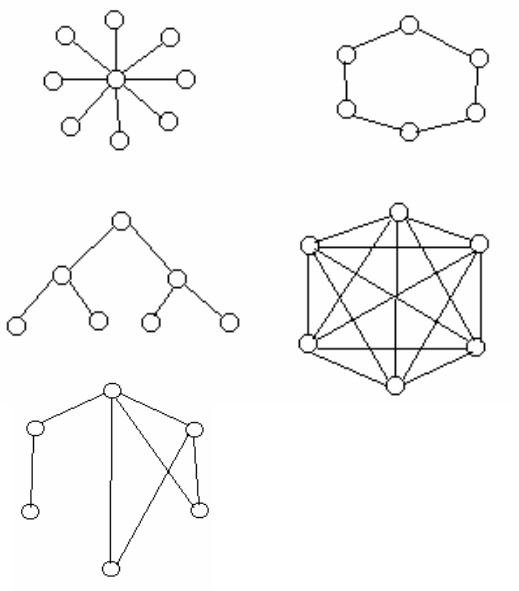
Protokoll
A kommunikáció során használt szabályok és konvenciók összessége.

Interface
Az alsóbb réteg által a felsőnek nyújtott elemi műveleteket és szolgáltatásokat definiálja.
Architektúra: protokollok és rétegek halmaza

Erőforrások megosztása
- hardver:
  - nyomtató
  - HDD
  - CPU
- szoftver:
  - program
  - adatbázis
- megbízhatóság növelése, pl: tükrözés, több CPU használata
- pénzmegtakarítás, gazdaságosság, pl: több kisteljesítményű gép egyetlen nagyteljesítményű helyett, mert ezeknél jobb az ár/teljesítmény érték
- bővíthetőség, pl: az új gép a régi feladatainak egy részét átveheti
- kommunikáció: gyors kommunikációs eszköz, nagy távolságok áthidalása

Hálózati topológiák osztályozása (LAN-környezetben)

- **szimmetria szerint:**
  - szimmetrikus (helyi)
  - aszimmetrikus (nagy távolságú)



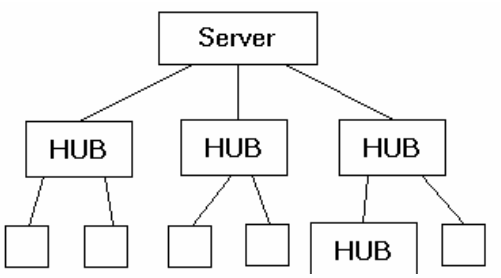
- **kapcsolatok száma szerint:**

  - teljesen összekapcsolt (*fully connected*)
    - az összes csomópont között közvetlen kapcsolat van
    - kiépítési költsége magas, négyzetesen arányos a csomópontok számával
    - gyors kommunikációt biztosít
    - megbízható

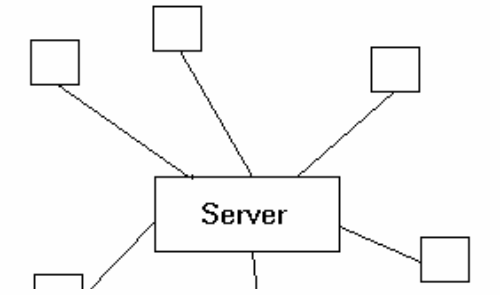
  - részlegesen összekapcsolt
    - kisebb a kiépítési költség
    - lassabb kommunikáció
    - bizonyos csatornák meghibásodására érzékeny, a hálózat alhálózatokra eshet szét, érdemes kerülőutakat biztosítani

Részlegesen összekapcsolt hálózatok speciális esetei:

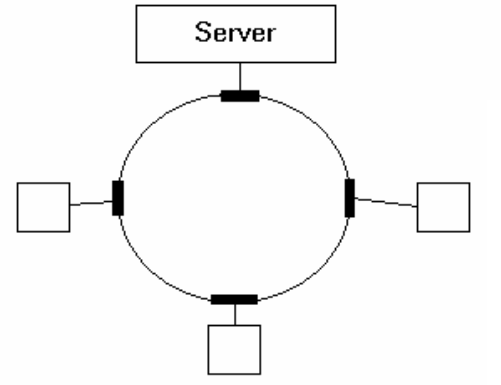
- Hierarchikus (fa)
  - a csomópontok közötti kapcsolatok faszerkezetűek
  - minden csomóponthoz egy szülő és néhány gyerek tartozik
  - közvetlen üzenetváltás csak a szülő és a gyerek között történhet
  - rokonok csak az ősökön keresztül kommunikálhatnak
  - részekre szakadhat



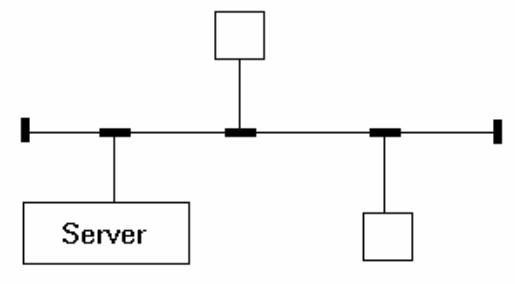
- Csillag
  - központi csomópont
  - az összes gép a csomópontra kapcsolódik
  - alacsony a kiépítési költség
  - gyors kommunikáció a központon át
  - ha a központ kiesik, az egész rendszer megbénul
  - sok csomópont túlterhelheti a központot



- Gyűrű
  - minden csomópont két másikhoz kapcsolódik
  - egyirányú és kétirányú gyűrű
  - a költség arányos a csomópontok számával
  - lassú az üzenettovábbítás, ha sok a csomópont
  - szakadás megbénítja kettőzött gyűrű



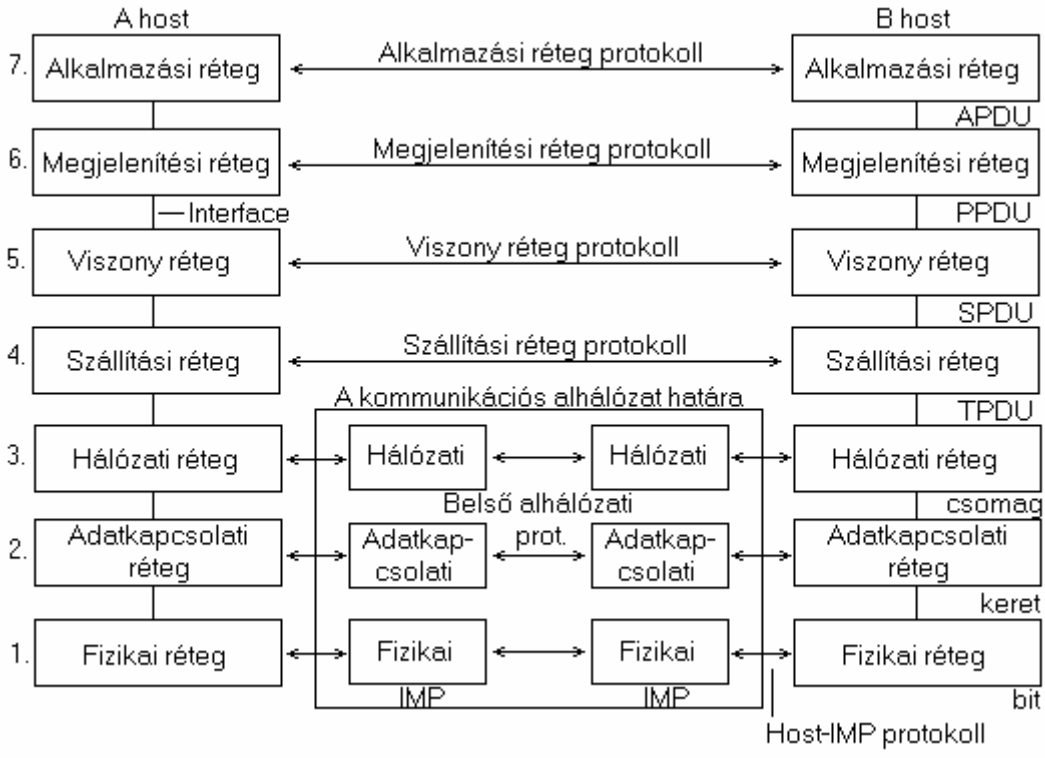
- Sín
  - közösen használt kommunikációs csatorna
  - a csatornán egyszerre két csomópont kommunikálhat
  - alacsony a kiépítési költsége
  - gyors kommunikáció
  - a csatorna telítődhet
  - a kábelszakadás végzetes



- Vegyes: az előbbiek valamilyen kombinációja

1. Az ISO-OSI hivatkozási modell

- Az ISO-OSI hivatkozási modell
- A rétegek általános jellemzése
- Adatátvitel az OSI modellben



Az ISO-OSI hálózati modell

IMP: Interface Message Processor, specializált számítógépek, amelyeken két vagy több átviteli vonal kapcsolását végzik.

Alapelvek

- a rétegek különböző absztrakciós szinteket képviselnek
- minden réteg jól definiált feladatot hajtson végre
- a rétegek feladatának megválasztásakor nemzetközileg elfogadott szabványok, kialakítására kell törekedni
- a rétegek közötti információcserét minimalizálni kell
- a rétegek számának megfelelően nagynak kell lenni ahhoz, hogy különböző feladatok ne kerüljenek szükségtelenül egy rétegbe, viszont elég kicsinek ahhoz, hogy a szerkezet ne váljon nehezen kezelhetővé

Az OSI modell nem hálózati architektúra, csak modell, nem határoz meg konkrét protokollokat és szolgálatokat az egyes rétegekben. Az ISO minden réteghez szabványokat hozott létre.

Fizikai réteg

A valós kommunikációt végzi, a bitek kommunikációs csatornára való kibocsátásáért felelős.

Tervezési kérdések:

- Hány Volt a logikai 1 és 0?
- Hány ms-ig tartson egy bit?
- Folyhasson-e adatátvitel mindkét irányban?
- Hogyan zajlik a kapcsolatépítés és lebontás?
- Hány tüskéje legyen egy hálózati csatlakozónak?

Adatkapcsolati réteg

Feladata: egy tetszőlegesen kezdetleges adatátviteli eszközt olyan átviteli vonallá transzformálni, amely a hálózati réteg számára átviteli hibáktól mentesnek tűnik. A bitekből kereteket kell készíteni, meghatározni a kerethatárokat. Ez speciális bitminták segítségével történik.

Problémák

- zajos vonal:
  - az adott keret megsérülhet, ekkor újra kell adni a keretet
  - a nyugtakeret megsérülhet, a keretet ekkor is újra adja, de ez kettőzött kerethez vezet, így ezt is le kell kezelni
- gyors adó – lassú vevő: egy nagyteljesítményű számítógép elárasztható adatokkal egy alacsonyabb teljesítményűt, ezért figyelni kell a vevőoldali pufferterületet, és szabályozni a forgalmat
- kétirányú forgalom esetén adott keretek és nyugtakeretek harcolnak a vonalhasználatért, erre a megoldás az ún. piggybacking algoritmus

Hálózati réteg

Feladata: a kommunikációs alhálózatok működését vezérli.

Problémák

- forrás és cél közötti útvonal-meghatározás:
  - statikus táblák segítségével (adatbázis, melyben meghatározzák az egyes utakat)
  - a kommunikáció kezdetén dönti el (az induláskor jelöli ki a forgalom számára a vonalat)
  - teljesen dinamikus (minden csomagra külön vizsgálja a legjobb utat)
- torlódások elkerülése
- számlázás, csomagok, keretek, bitek számlálása
- heterogén hálózatok összekapcsolása

Szállítási réteg

Feladata: adatokat fogadni a viszony rétegtől, ezeket kisebb darabokra vágni, ha szükséges, majd továbbítani a hálózati rétegnek úgy, hogy minden darab hibátlanul megérkezzen a másik oldalra. El kell fednie a viszony réteg elől a hardvertechnikában bekövetkező változásokat. Minden összeköttetés-kérésnek létrehoz egy kapcsolatot. Magas prioritás esetén több kapcsolatot is létrehoz, kis forgalom esetén pedig egy vonalra több összeköttetést is összevon, ezt nevezzük az összeköttetések transzparens kezelésének.

Szállítási összeköttetések típusai:

- két pont közötti sorrendtartó csatorna
- két pont közötti nem sorrendtartó csatorna
- állomás csoportnak szóló üzenete

Az összeköttetés típusa a felépüléskor dől el.

Ez a réteg a forrás és a cél között hoz létre kapcsolatot, valódi end to end réteg. A hálózati réteg meghatározza a hálózat használóinak nyújtott szolgáltatás minőségét.

Viszony réteg

Feladata: két alkalmazás közötti párbeszéd megszervezése és a közöttük történő adatcsere menedzselése.

Szolgáltatásai

- kölcsönhatás-menedzselés (token management): az alkalmazások közötti párbeszéd fajtái:
  - kétirányú, egyidejű interakció
  - kétirányú, váltakozó interakció (küldési és vételezési fordulatok)
  - egyirányú interakciószinkronizáció (synchronization): esetleges szakadás esetén az előző szinkronizációs ponttól folytatódhat az adatküldés

Megjelenítési réteg

Ez az első réteg, amely foglalkozik az adatok szintaktikájával és szemantikájával, az alsóbb rétegek csak a bitek, keretek biztonságos kezelésével foglalkoznak.

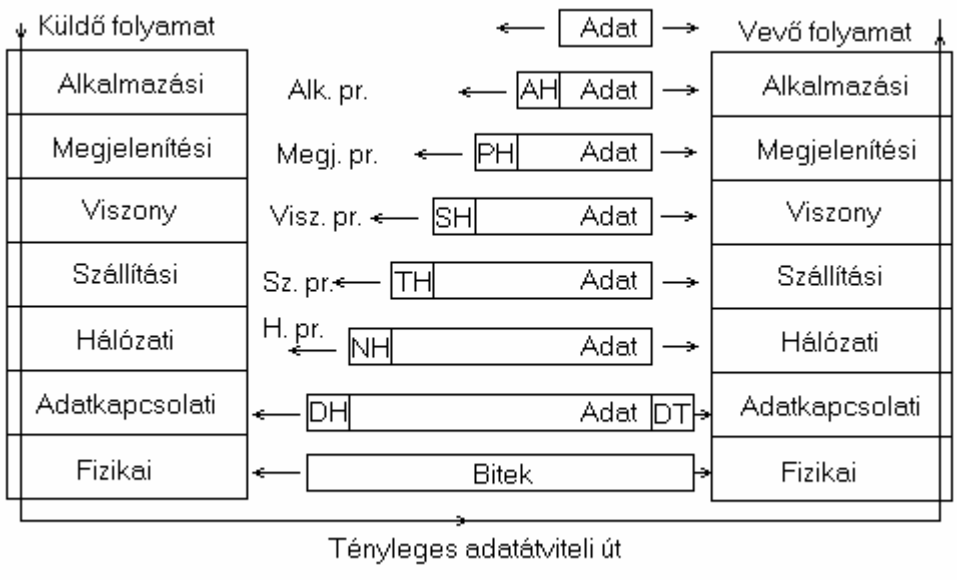
Szolgáltatásai

- szabványos kódolás: különböző gépek különböző módszereket használnak, de a küldött adat egy szabványos absztrakt struktúrában van továbbítva, ennek a struktúrának a kezelése a réteg feladata
- adattömörítés
- kriptográfia

Alkalmazási réteg

A legfelső réteg, amellyel a felhasználói processzek kapcsolatban állnak. Tipikus rétegfeladat az állománytovábbítás (névkonvenciók), elektronikus levelezés.

Adatátvitel az OSI modellben:



Az alsóbb réteg nem tudja, hogy a felette lévőtől kapott adatban melyik a fejrész, csak ráteszi a saját fejrészét, és továbbítja az alatta lévő rétegnek. Míg a tényleges adatmozgás vertikális, addig az egyes rétegek úgy működnek, mintha horizontális lenne.

A fizikai átvitel jellemzői

- Zajos és zajtalan csatorna adatátviteli sebességének jellemzése
- Az átviteli közegek jellemzése (mágneses adathordozó, sodrott érpár, alap- és szélessávú koaxiális kábel, száloptika, vezeték nélküli átvitel)

Zajtalan csatorna adatátviteli sebessége:

1924-ben H. Nyquist határozta meg.

Adott:

H sávszélességű a jel
V a diszkrét jelszintek száma (bináris átvitelnél 2)

Maximális átviteli sebesség: **$2H\log_2 V$ bit/s**

Zajos csatorna adatátviteli sebessége:

1948-ban Claude Shannon határozta meg. A zajteljesítmény és a jelteljesítmény arányát vizsgálják (signal to noise ratio).

Adott:

S/N jel-zaj viszony
H sávszélesség

Legnagyobb elérhető adatátviteli sebesség: **$H\log_2(1+S/N)$**

Átviteli közegek

Mágneses adathordozó

Tulajdonságai

- magas sávszélesség
- bitenkénti alacsony átviteli költség

Hátrány: hosszú a válaszidő

Alkalmazás: pl. banki mentéseknél

Sodrott érpár

Tulajdonságai

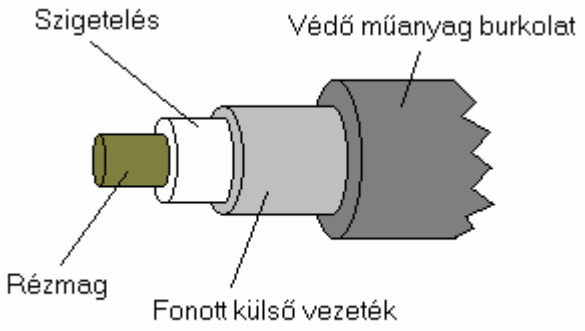
- online összeköttetés lehetséges
- 2 db 1 mm vastag szigetelt rézhuzal alkotja
- ezek spirálisan vannak feltekerve a villamos zavarok kiküszöbölésének érdekében
- erősítés nélkül is több km-ig használható
- nagyobb távolságra repeatert kell használni
- ha több érpár együtt halad, azokat is kötegelik, és mechanikai védelemmel látják el
- analóg és digitális átvitelre is alkalmas
- a sávszélesség függ a huzalvastagságtól és az áthidalt távolságtól, rövidtávon több Mbps is elérhető
- széleskörűen használják

Koaxiális kábel

Két típusa van: 50 ohmos digitális átvitelre és 75 ohmos analóg átvitelre

Jellemzői (50 ohmos):

- nagy sávszélesség és kitűnő zajvédelem
- a sávszélesség függ a kábel hosszától
- 1 km alatt 10 Mbps is elérhető



Használata

- LAN-okban
- távbeszélő rendszerekben nagy távolságú átvitelre

Csatlakoztatása

- T-csatlakozóval: a kábel kettévágását, a hálózat leállítását követeli. Minél több csatlakozó van, annál valószínűbb a hiba.
- vámpír-csatlakozóval: a kábelbe a rézmagig egy lyukat fúrnak, aminek pontosnak kell lennie, mert hiba esetén a rézmag kétfelé szakadhat. Ebbe a lyukba kell behelyezni az érintkezőt. Akkor használják ezt a módszert, ha a hálózat nem állhat le.

Szélessávú koaxiális kábel jellemzői: analóg átvitelre alkalmazzák, ez a kábeltévé szabványos kábele. Sávszélessége: 100 km-es távra 300 MHz-es jeleket továbbít. Digitális átvitelhez konvertereket (AD-DA) kell alkalmazni (150 Mbps).

Száloptika

Az adatok fényimpulzussal való átvitele. Három rétegből áll:

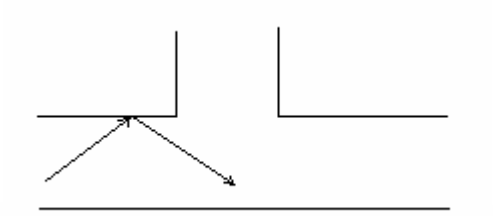
- fényforrás
- átviteli közeg
- fényérzékelő

Fényforrás: LED vagy lézerdióda
Átviteli közeg: hajszálvékony, üvegből vagy szilikátból készült szál
Fényérzékelő: fotodióda

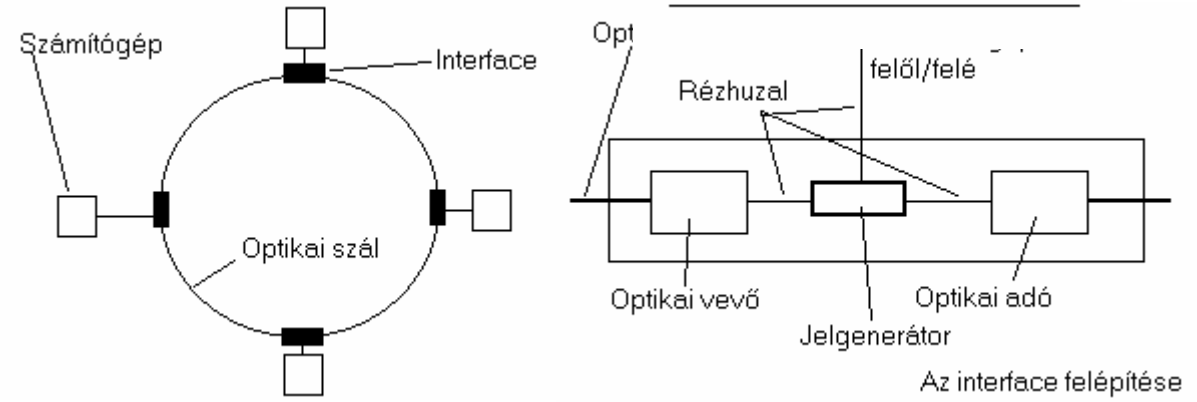
Egymódusú szál: a szál átmérője a fény hullámhosszával egyenlő, így a szál hullámőrzőként működik, a fény egyenes vonalban közlekedik. Ennek meghajtása drága lézerdiódát igényel. Hatékonyabb, nagyobb távok áthidalására alkalmas, átviteli sebessége 1 km-re 1000 Mbps. Nagyobb lézerdiódával erősítés nélkül 100 km-ig használható.

Az optikai szál LAN-okban

Vámpír-csatlakozással:



a fény egy része elvész, ezért így alkalmazzák:



Ezt a módszert aktív ismétlős optikai szálas gyűrűnek nevezik.

Interface fajtái

- aktív: a bejövő jelet villamos jellé alakítja, a jelet a jelgenerátor regenerálja, a jel vagy megy tovább fényként, vagy megy a számítógépbe.
  Hátránya: ha valamelyik alkatrész elromlik, a hálózat használhatatlanná válik.
  Előnye: a jelgenerátor miatt a gépek távolsága több km lehet.
- passzív: két, a főszálra kapcsolódó csatlakozóból áll. Az egyik csatlakozó fotodióda, a másik LED, közöttük nincs jelgenerátor. Ha valamelyik meghibásodik, csak egy számítógép esik ki, viszont fényt vesztenek a csatlakozónál, ezért a gépek távolsága korlátozott.

Optikai szál jellemzői

- kis teljesítményvesztés mellet nagy sávszélesség
- ismétlők nélkül is nagy távolságot képes áthidalni
- zavarérzékenysége minimális
- se villamos, se elektromágneses terek nem hatnak rá
- nagyon vékony
- összeszerelése szakértőket igényel, ebből hiány van
- nehéz összekötni a szálakat
- a száloptikás hálózatok egyirányúak, interface-eik drágák

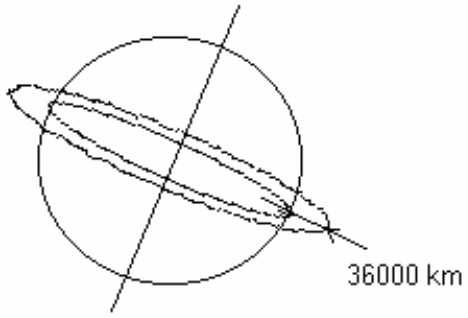
Vezeték nélküli átvitel

Fajtái

- infravörös fény
- lézer
- rádióhullám
- mikrohullám

Lézer és infravörös átvitel: digitális és jól irányított, védett a külső zavarástól és illetéktelen megcsapolástól, de eső, köd zavarhatja.
Mikrohullám: nagy távolságra alkalmazható, széles körben használják tévé- és telefonhálózatban. 100 km átfogható egy kb. 10 m-es toronnyal. Telepítése olcsóbb, mint a koaxiális rendszereké, a repeater elhelyezése és karbantartása egyszerűbb.

Távközlési műholdak: egy vagy több transzpondert tartalmaznak, ezek a spektrum egy részét figyelik, felerősítik, és más frekvencián újraadják a jelet.

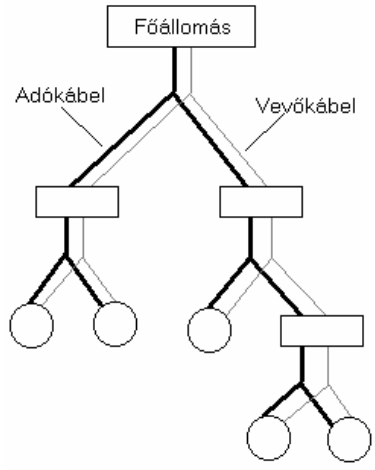


A műhold a Földről állni látszik.
Műholdak közötti távolság: min. 4 fok, így egy pályán maximum 90 műhold lehet

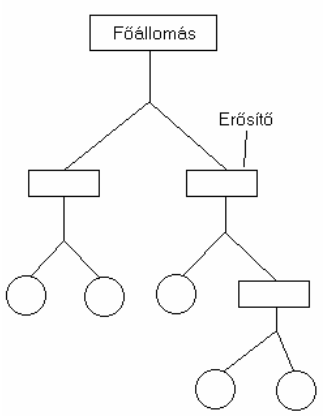
Az átviteli mód

- Szélessávú technika jellemzése (egy- ill. kétkábeles rendszer)
- Összehasonlítás az alapsávú technikával
- Az átvitel szinkronizálása
- Kódolási eljárások

Szélessávú technika: ezekben a hálózatokban szélessávú erősítőkre van szükség, amelyek periodikusan frissítik a jelet, itt csak egyirányú adás lehetséges. Megoldás:



- Kétkábeles rendszer
  Két azonos kábel egymás mellett. A számítógépek az első kábelre bocsátják ki adataikat, ezen keresztül jutnak a főállomásig. Az adatokat a második kábel a viszi át.



- Egykábeles rendszer
  Egy kábelen adnak-vesznek. Külön frekvencia van kijelölve az adó és a vevő részére, az alacsonyabb az adó.
  Típusai:
  - alsó metszésű (subsplit): adósáv: 5-30 MHz
    vevősáv: 40-300 MHz
  - középmetszésű (midsplit): adósáv: 5-116 MHz
    vevősáv: 168-300 MHz

Szélessávú átvitel jellemzői:

- aktív főállomást igényel
- külön csatornákat tart fenn saját használatra
- üzembe helyezése tapasztalt szakembert igényel
- a karbantartás és a hangolás szakértelmet igényel
- a szélessávú interface sokkal drágább, viszont több egyidejű (3 Mbps-os) csatornát tud kezelni (adat, hang, kép, tévé jelek egyidejű átvitele)

Alapsávú átvitel jellemzői:

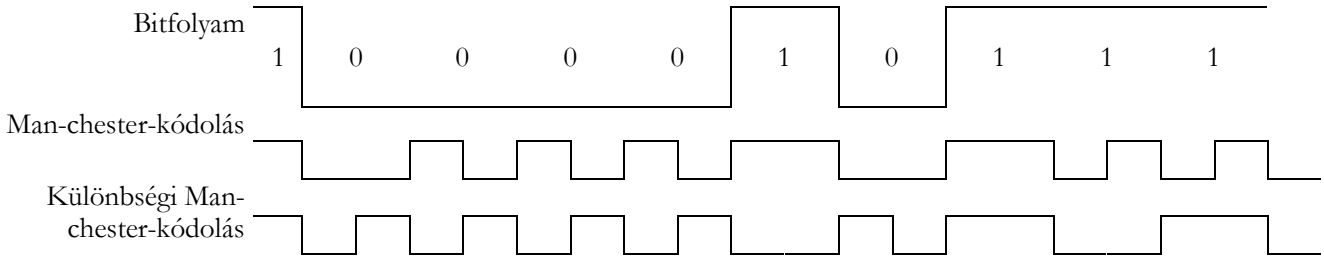
- egyszerű, könnyen üzembe helyezhető
- olcsóbb, mint a szélessávú
- készen kapható koaxiális kábelt használva egyetlen digitális csatorna jön létre
- 1 km-es távon 10 Mbps-os átviteli sebesség
- a legtöbb átviteli célra megfelelő, ezért széles körben elterjedt

<u>Kódolási eljárások:</u>

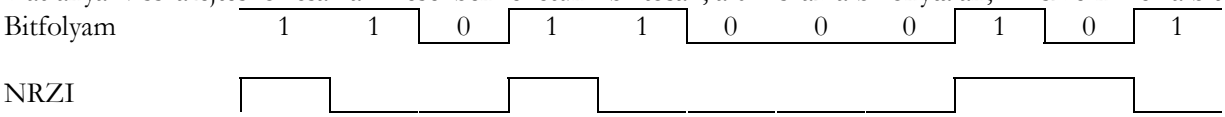
Manchester-kódolás: minden bitperiódus két egyenlő részre van osztva. Bináris 1 kódolásakor a bit első felében magas, a második felében alacsony a feszültségszint. A 0 ennek éppen a fordítottja.

Különbségi Manchester-kódolás: a logikai 1-et a bitidő elején hiányzó, a 0-t a meglévő átmenet jelzi, középen mindenképpen van átmenet.

Jellemzői: bonyolultabb készüléket igényel, de jobb a hibatűrése.



NRZI (Non-Return to Zero Inverting): 0-ra vissza nem térő invertálás
Csak az 1-es bit esetén invertálja az eddigi értéket.
Hátránya: visszafejtéskor csak az 1-esekben lehetünk biztosak, a 0-k száma bizonytalan, ill. ismerni kell a bitidőt.



Átvitel-vezérlési módszerek I.

- Véletlen átvitelvezérlés

CSMA/CD

Mielőtt egy állomás adni akar, belehallgat a csatornába. Ha a kábel foglalt, addig vár, míg üressé nem válik, egyébként adni kezd. Ha egy üres kábelen két vagy több állomás egyszerre kezd adni, ütközés következik be. Ütközés esetén az állomásoknak azonnal abba kell hagyniuk az adást, véletlen ideig várnak, majd megismétlik az egész eljárást.
A CSMA/CD protokoll állapotai:

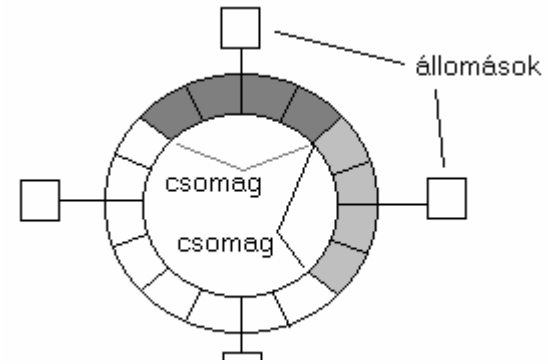
- versengéses
- átviteli
- tétlen

Réselt gyűrű (slotted ring)

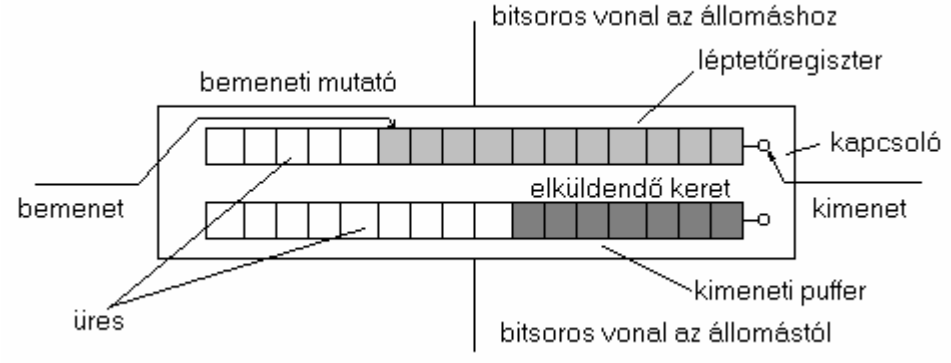
A gyűrű több rögzített méretű keretre van felbontva.

Jellemzői

- mesterséges késleltetéseket kell beépíteni több keret egyidejű forgalmazásához
- az interface-ek léptetőregisztereket alkalmaznak, ezekkel több bites késleltetést valósítanak meg
- minden kereten van egy jelzőbit, ami az üresség vagy a telítettséget jelöli
- adás esetén az állomás vár egy üres keretre, átírja a jelzőbitjét és rárakja az adatokat



Regiszterbeszúrásos gyűrű



Kivitel az állomástól:

- Van-e küldésre váró keret?
- A léptetőregiszterekben lévő üres keretek száma elegendő-e a kimeneti keret fogadására?

Tulajdonságai

- megakadályozza az állomásokat a gyűrű kisajátításában
- ha a gyűrű üres, akkor a léptetőregiszter is üres marad, így a keret gyorsan elküldhető
- ha a gyűrű üres, bármely állomás a teljes sávszélességet használhatja

Átvitel-vezérlési módszerek II.

- Osztott átvitelvezérlés (vezérjelgyűrű, vezérjelbusz, CSMA/CA)

Token Ring

- egyirányú átvitel, az adatblokkok állomásról állomásra haladnak
- az állomások frissítik a rajtuk áthaladó adatblokkokat
- a vezérjel körbe halad (akinél van, azé az adási jog)
- adáshoz az állomás a jelzőbitet foglaltra állítja, és ad
- az adatok körbejárnak, a vevőállomás állítja szabadra a jelzőbitet
- az adott keretbe a vevő beleírhat, így jelezheti, hogy megkapta

Hibakezelés: kétféle hiba van:

- vezérjel elvesztése
- állandóan foglalt vezérjel

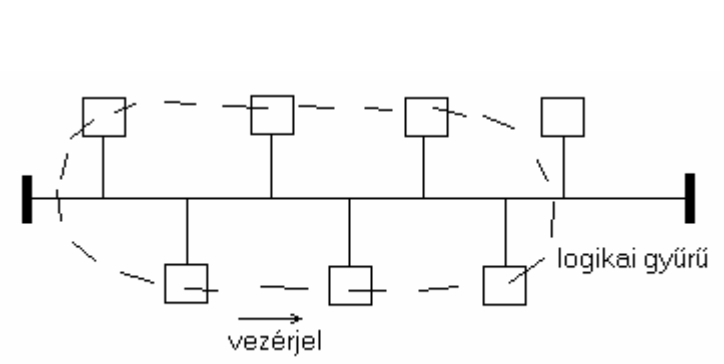
Az állomások között kineveznek egy aktív monitorállomást, a többi passzív, ha az aktív elromlik, választanak egy másikat.
Ha megszakad a gyűrű, a kábelkoncentrátorból egy kiiktató kapcsolóval le lehet kapcsolni az állomásokat.
A prioritást a tokenben egy speciális bittel lehet beállítani.

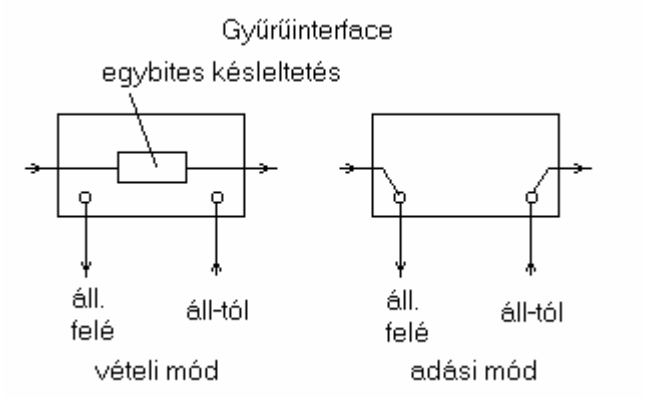
Vezérjelbusz

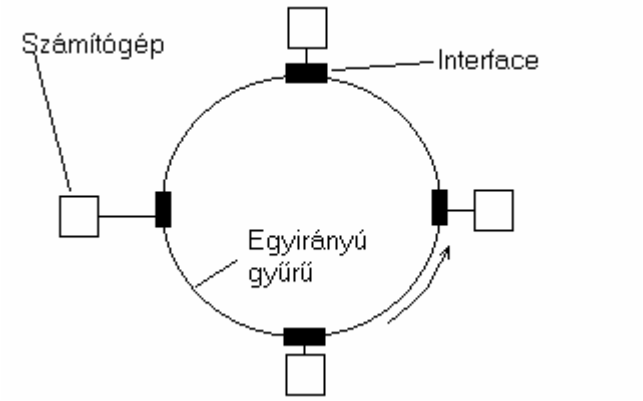
Tulajdonságai

- fizikailag a vezérjeles sín lineáris vagy fa elrendezésű kábel
- logikailag az állomások egy gyűrűbe vannak rendezve, amelyben mindenki ismeri a szomszédja címét
- mindegyik állomás a vezérjelre vár, de azt csak egy bizonyos ideig tarthatja magánál
- ha a token elvész, az időtúllépés alapján kezdeményezhető a vezérjel újraformálása
- minden állomásnak tudnia kell a következőket:
  - újabb állomás beléptetése a logikai gyűrűbe
  - állomás kiléptetése a gyűrűből
  - hibás token kezelése
  - gyűrű inicializálása
  - prioritási osztályok kezelése

CSMA/CA







Átvitel-vezérlési módszerek III.

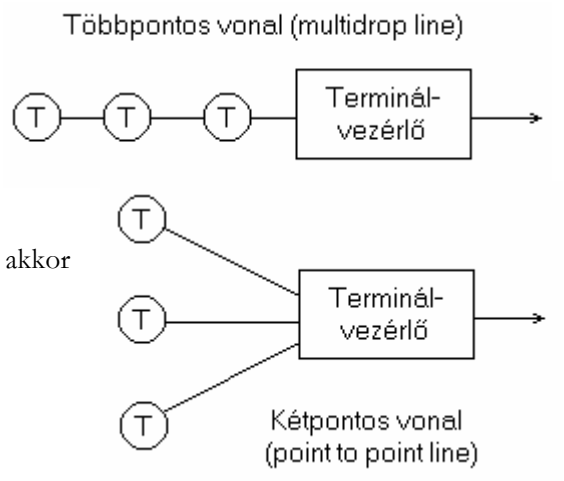
- Központosított átvitelvezérlés (lekérdezéses eljárás, vonalkapcsolásos eljárás, ATDM)

Lekérdezéses eljárás

Váltogatott adás-vétel

Tulajdonságai

- egyetlen kommunikációs vonalon több terminál osztozik
- a terminálvezérlő szólítja meg az egyes terminálokat, ezt nevezzük lekérdezésnek



Fajtái:

- körbekérdezés (roll-call polling): a terminálvezérlő üzeneteket küld minden egyes terminálnak, és lekérdezi, hogy akar-e adni. A lekérdező üzenet tartalmazza az állomás címét. Az állomás vagy üzenetet küld, vagy visszautasítja a lekérdezést. A lekérdezés ciklikus, de lehet prioritást beállítani.
- központ felé haladó lekérdezés (hub polling): a terminálvezérlő a legtávolabbi terminált szólítja meg először, ha az nem akar adni, a következőt, stb.
- csillagvezérlés: nincs szükség lekérdezésre, az állomás tudja, hogy melyik csatornán jött az üzenet.

Vonalkapcsolásos eljárás

TDM (Time Division Multiplexer)

Bemeneti tulajdonságok

- a vonalaknak a statikusan előre meghatározott sorrend szerinti letapogatásával képezik a bemenetét
- az így nyert adatokat ugyanabban a sorrendben egyetlen kimenő vonalon továbbítják
- minden időrés egy meghatározott bemeneti vonalhoz van hozzárendelve, ezért nincs szükség a vonalak sorszámának továbbítására
- a kimeneti vonal kapacitásának meg kell egyezni a bemeneti vonalak kapacitásának összegével

Hátrányok

- ha egy terminál tétlen, a kimeneti időrés elvész
- ha nincs adat, álkereteket ad
- induláskor szinkronizáció szükséges
- az adatok nem hordoznak azonosító információt
- ha a multiplexer kiesik a szinkronizálásból, akkor a többi adatot helytelenül azonosítja
- ha a terminálok saját időréseiknek csak kis részét hasznosítják, akkor a TDM kimeneti vonalának rossz a kihasználtsága

A hátrányok kiküszöbölésére: ATDM

ATDM (Asynchronous Time Division Multiplexer)

Jellemzői

- a kimeneti vonal kapacitása kisebb, mint a bemeneti vonalak kapacitásának összege
- a terminálok csak valódi adatokat küldenek
- a koncentrátor minden bemenő adatra két kimenő adatot küld
- minden adatot megelőz a terminál száma

ATDM hátránya: ha minden terminál maximális sebességgel forgalmaz, a kimeneti vonal kapacitása nem elég, ekkor adatvesztés léphet fel. Ennek kiküszöbölésére puffereket alkalmaznak.

Összeköttetés-mentes és összeköttetés-alapú szolgálatok összehasonlítása

Összeköttetés-alapú szolgáltatás (Connection Oriented Service): mielőtt adatot szeretnénk átvinni, létre kell hozni a kapcsolatot (pl.: telefon). Ha ÖKA szolgáltatást akarunk használni, akkor felépítjük, használjuk, lebontjuk az összeköttetést. Az adatok sorrendhelyesen továbbítódnak.

Fajtái

- üzenetsorozat: ekkor az üzenethatárok megmaradnak, pl.: FTP állománytovábbítás
- bájtfolyam: nincsenek üzenethatárok, pl.: terminál

Összeköttetés-mentes szolgálat (Connectionless Service): az átvitt üzenetek a címzett teljes címét tartalmazzák, egymástól függetlenül kézbesítik őket, akár sorrendcsere is előfordulhat, pl.: postai levélkézbesítés

Szolgáltatás	Típus	Példa
Megbízható üzenetfolyam	ÖKA	Állománytovábbítás
Megbízható bájtfolyam	ÖKA	Terminálbejelentkezés
Megbízhatatlan összeköttetés	ÖKA	Digitalizált hangátvitel
Megbízhatatlan datagram	ÖKM	Elektronikus levelezés
Nyugtázott datagram	ÖKM	Tértivevényes levélküldés
Kérés – válasz	ÖKM	Adatbázis lekérdezés

A megbízhatatlanság azt jelenti, hogy nem nyugtázott az üzenet.

Szolgálatprimitívek: egy szolgálatot formálisan primitívek, vagyis műveletek halmazával írunk le. Ezek határozzák meg, hogy egy szolgálat milyen tevékenységet képes végrehajtani.

Az OSI-modellben:

Primitívek	Tevékenység
Kérés	Egy funkcionális elem valamilyen tevékenység végrehajtását kéri.
Bejelentés	Egy funkcionális elemet informál valamilyen eseményről.
Válasz	Egy funkcionális elem válaszol az eseményre.
Megerősítés	Egy funkcionális elemet informál a kérésről.

A kapcsolat létrehozásának mindig 4 lépése van. A kapcsolatot fel lehet bontani egyoldalúan is (2 lépés). Az adatcsere bármeddig tarthat.

Szolgálatok típusai:

- megerősített (4 primitív: kérés, bejelentés, válasz, megerősítés, pl.: kapcsolat felépítése)
- megerősítetlen (2 primitív: kérés, bejelentés, pl.: adatcsere)

OSI jelölésmód: tevékenység típusa. primitív

Az OSI modell alsó két rétegének megvalósításai I.

- Az IEEE 802-es szabványcsalád általános ismertetése
- Az IEEE 802.2 LLC szabvány

Az IEEE 802-es szabványcsalád

IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers

Több helyi hálózati szabvány összefoglalása

Az adatkapcsolati rétegnek két alrétege van:

LLC	Logical Link Control (Logikai kapcsolat vezérlő alréteg)
MAC	Medium Access Control (Közeghozzáférés-vezérlő alréteg)

Az ide tartozó hálózati szabványok különböznek a fizikai réteget és a MAC réteget illetően, de az adatkapcsolati réteg szintjén már kompatibilisek.

802.1	Bevezetés a szabványhalmazba
802.2	LLC definíciója
802.3	CSMA/CD szabvány
802.4	Vezérjeles sín szabványa
802.5	Vezérjeles gyűrű szabványa

IEEE 802.2 LLC

LLC: egy alréteg és egy protokoll jelölése is.

Az LLC biztosíthat:

- ÖKM szolgáltatást (1-es típus)
- OKA szolgáltatást (2-es típus)
- nyugtázott ÖKM szolgáltatást (3-as típus)

Összeköttetés-mentes: az LLC a hálózati rétegtől érkező csomagot nyugtázás nélkül küldi el a célnak (nem vár nyugtát). A kézbesítés nem garantálható.

Összeköttetés-alapú: először kapcsolatot kell kiépíteni a forrás és a cél között. Ezt használva a csomagok garantáltan és sorrendhelyesen kézbesíthetők. A kapcsolatot le kell bontani.

A hálózati réteg számára az LLC szolgáltatásai a szokásos négy szolgálatprimitíven keresztül érhetők el.

Kérés	A hálózati réteg használja az összeköttetés létesítéséhez, lebontásához és adatcsomagok küldéséhez. A kérés típusú primitívek késztetik az adatkapcsolati réteget a keretek forrástól célig való eljuttatására, és arra, hogy ott tevékenységet váltsanak ki (bejelentést).
Bejelentés	Jelzi a tevékenységet a célállomás hálózati rétegének.
Válasz	A célállomás hálózati rétege jelzi, hogy elfogadja vagy visszautasítja a javasolt kapcsolatot (pl.: javaslat a keretek hosszára). Ha a célállomás elveti a javaslatot, akkor jön létre a megegyezés (negotiation).
Megerősítés	Ezen keresztül értesül a forrásállomás hálózati rétege a válaszról.

LLC primitívek és paramétereik:

- ÖKM (nyugtázatlan) szolgálat esetén:
  - DATA.kérés(helyi cím, távoli cím, l-sdu, szolgálat osztály)
  - DATA.bejelentés(helyi cím, távoli cím, l-sdu, szolgálat osztály)

  l-sdu: Link Service Data Unit, kapcsolatszolgálati elem, ez tartalmazza a tényeleges adatot
  szolgálat osztály: az üzenet prioritása
- ÖKA szolgálat esetén:
  - CONNECT: összeköttetés létesítésére
  - DISCONNECT: összeköttetés lebontására
  - DATA CONNECT: adatok továbbítására
  - RESET: az összeköttetés alaphelyzetbe hozására
  - CONNECTION FLOWCONTROL: a hálózati és adatkapcsolati réteg közötti információáramlás szabályozására. A hálózati réteg bármely időpillanatban kiadhat egy CONNECTION FLOWCONTROL kérést, ezzel jelzi az adatkapcsolati rétegnek, hogy mennyi információt akar küldeni. Az adatkapcsolati réteg is bármikor kiadhat egy CONNECTION FLOW-CONTROL kérést, hogy jelezze, mennyi adatot tud fogadni.

Ezekkel a primitívekkel az LLC a hálózati réteghez kapcsolódik. Az LLC-MAC interface teljesen ÖKM:

- MA DATA.kérés
- MA DATA.bejelentés
- MA DATA.válasz
- MA DATA.megerősítés

IEEE 802 LLC keretformátuma:

1	1	1 v. 2	≥0
DSAP cím	SSAP cím	vezérlés	információ

SSAP: a hálózati réteg egy kapcsolódási pontja
DSAP: az adatkapcsolati réteg egy kapcsolódási pontja
A DSAP és az SSAP között jön létre a kapcsolat

Egyenrangú protokollok: az LLC-n kívül több más protokoll is van, amely az adatkapcsolati réteg felső alrétegének működését szabályozza:

- SDLC: Synchronous Data Link Control (IBM)
- ADCCP: Advanced Data Communication Control Protocol (ANSI)
- HDLC: High-level Data Link Control

Az OSI modell alsó két rétegének megvalósításai II.

- Az IEEE 802.3 szabvány (CSMA/CD)

IEEE 802.3 szabvány (CSMA/CD)

Kiindulása: a Xerox készített a világon először egy 2,94 Mbps sebességű CSMA/CD rendszert, amelyre 100 gép csatlakozhatott (Ethernet). A Xerox, a Deck és az Intel megépítették a 10 Mbps-os változatát, ez a későbbi 802.3 szabvány alapja.
A 802.3 egy teljes, 1-perzisztens CSMA/CD rendszercsaládot ír le 1-10 Mbps-ig, különböző közegekre. Az összes 802.3-as implementáció (Ethernet is) Manchester-kódolást használ.

1-perzisztens: addig vár, míg üres lesz a csatorna
p-perzisztens: ha foglalt a csatorna, p ideig vár, p véletlen szám

CSMA/CD: Carries Sense Multiple Access / Collision Detect
3 állapota van:

- versengéses
- átviteli
- tétlen

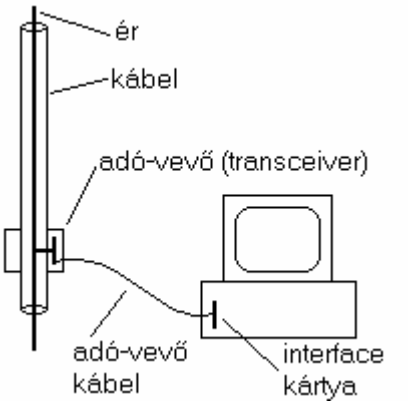
Kábel:

- vastag Ethernet-kábel:
  - 2,5 m-enként vámpír-csatlakozásos megcsapolás
  - ajánlott színe sárga
- vékony Ethernet kábel:
  - BNC csatlakozós
  - kisebb távra alkalmas
  - színe fekete

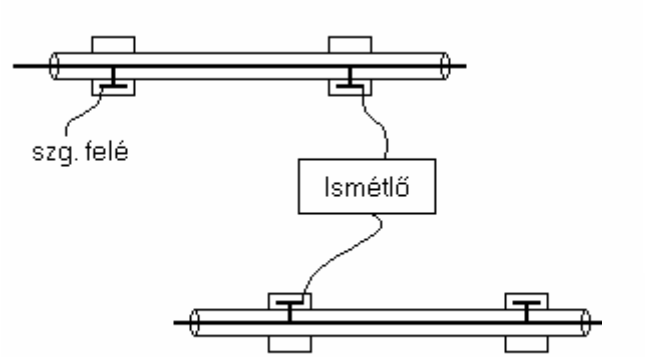
A két kábeltípus kompatibilis és többféle módon csatlakoztatható.
Kábelek vizsgálata: időbeli reflektometriával. Egy ismert jelet (általában négyszögjelet) bocsátanak a kábelre, ha valamilyen sérülés van, akkor visszhang keletkezik. A terjedési sebességből és a visszaverődés idejéből meg lehet állapítani a hiba helyét.

Kábelek állapotai:

- 0-s bit átvitele (-0,85 V)
- 1-es bit átvitele (+0,85 V)
- tétlen (0 V)

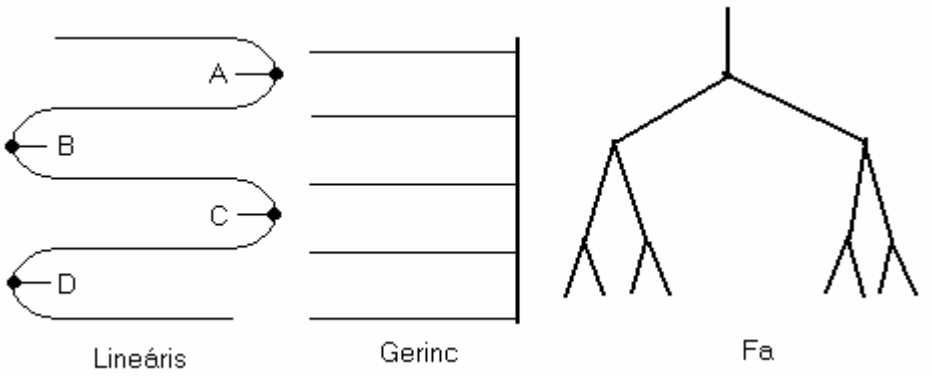


Az adó-vevő olyan elektronikával rendelkezik, amely csatornafigyelésre vagy ütközésérzékelésre képes. Ha a transceiver, amelyre egyidejűleg 8 gép csatlakoztatható, ütközést érzékel, érvénytelen jelet küld a csatornára. Az adó-vevő kábel maximum 50 m lehet.
Az interface-kártya vezérlőchipje alkalmas keretek vételére és küldésére, keret ellenőrző összegének kiszámítására és a vett keret ellenőrző összegének ellenőrzésére, Feladata még: kimeneti és bemeneti pufferlánc kezelése, DMA átvitel, egyéb feladatok. A maximális kábelhossz 500 m.

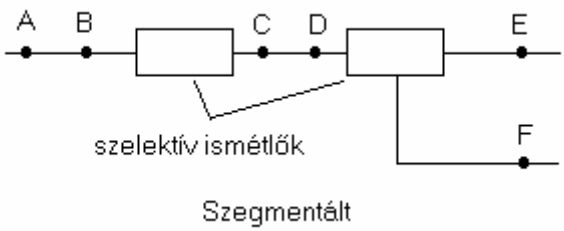


Az ismétlő egy fizikai réteg-beli eszköz. Mindkét irányból veszi a jeleket, felerősíti és továbbítja őket. A szoftver szemszögéből az ismétlőkkel összekötött kábelszegmensek ekvivalensek egyetlen kábellel. Korlátozás: nem lehet két olyan adó-vevő, amely között négynél több ismétlő helyezkedik el, vagy távolságuk meghaladja a 2,5 km-t.

Épületkábelezési módszerek:



Szegmentált típus: a különböző szegmenshalmazokat hidak, szelektív ismétlők kötik össze. A hidak megvizsgálják a kereteket, és csak akkor továbbítják azokat, ha egy másik szegmens eléréséhez erre feltétlenül szükség van.



A 802.3 MAC protokollja

7	1	2 v. 6	2 v. 6	2	0-1500

előtag	keretkezdet határoló	célcím	forráscím	adatmező hossza	adat	töltelék	ellenőrző összeg

- előtag (preamble): 7 x 10101010, a szinkronizálást segíti elő (Manchester-kódolás)
- keretkezdet határoló: 10101011
- forrás- és célcím: 2 vagy 6 bájt, de 10Mbps-hoz 6 bájt
- célcím kijelölése:
- csak egy állomás
- többesküldés (multicast)

- üzenetszórás (broadcast)
- töltelék: a keret hosszának a célcímtől a végéig minimum 64 bájtnak kell lennie, így lehetséges az ütközés észrevétele, a hibás keretek szűrése. Ha az adatmező kisebb, mint 46 bájt, akkor kell használni a töltelék mezőt.
- ellenőrző összeg: a hibajavítást segíti elő

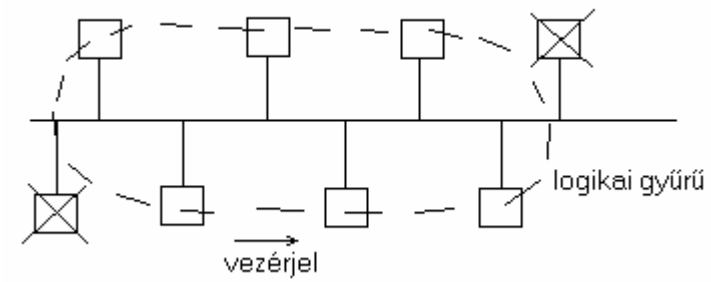
Ütközések kezelése: mihelyst az állomások érzékelik az ütközést, abbahagyják a keretek adását, és szándékosan zajos jelet küldenek a többi állomás tájékoztatására. Ütközés után az időt diszkrét intervallumokra osztják. Az első ütközés után az állomások véletlenszerűen 0 vagy 1 résnyi időt várnak. A 2. ütközés után 0-3 résnyit, a 3. után 0-7 résnyit. Az i. ütközés után $0-(2^i-1)$ résnyit. 10 ütközés a maximális, vagyis 10 ütközés fölött minden esetben 0-1023 résnyit várnak. A 16. ütközés a határ, a vezérlő ekkor feladja, a további hibajavítás a felsőbb rétegek feladata. Ezt a módszert helyettes exponenciális visszatartásnak hívják.
Mivel a CSMA/CD nem biztosít nyugtázást, és maga az ütközésmentesség nem garantálja a hibátlan átvitelt, ezért a vevőnek ellenőriznie kell az ellenőrző összeget, és ha jó, nyugtakeretet küld. Hogy a nyugtakeretnek ne kelljen versenyezni a hálózat használatáért, az 1. időrést a nyugtakeretnek tartják fenn.
A 802.3 teljesítménye: CSMA/CD-nél adott keretméret mellett a nagyobb hálózati sávszélesség és a távolság csökkenti a hatékonyságot. A hálózatfejlesztés viszont erre irányul, ezért nagy távolságra és sávszélességre (MAN-okra, optikai szálra) a CSMA/CD nem alkalmas.
A 802.3-at elterjedten használják hivatalokban. Mivel MAC protokollja valószínűségi elven működik, előfordulhat, hogy a kereteknek sokáig kell várniuk. A kereteknek nincs prioritásuk, ezért alkalmatlan valós idejű rendszerekben való használatra.

Az OSI modell alsó két rétegének megvalósításai III.
- Az IEEE 802.4 szabvány (vezérjeles sín)

IEEE 802.4 Vezérjeles sín
A 802.3 hibáinak kiküszöbölésére készült. A 802.3 hibái:
- nincsenek prioritási szintjei
- a keretek érkezési ideje nem megbecsülhető

A 802.4-et a General Motors hozta létre szállítószalagjainak vezérlésére a következőkből kiindulva: a gyűrű egy egyszerű, és becsülhető legrosszabb esettel rendelkező rendszer, amelyben az állomások egymást követve küldik el kereteiket (n db állomás, mindegyik t szekundumig adhat, a keret n*t idő alatt mindenképpen eljut a célállomásig). A gyűrű topológiát viszont egyetlen hiba is megbéníthatja, másrészt nem illeszkedett a szállítószalagok linearitásához. Ezért jött létre a vezérjeles sín.

Az állomások fizikailag egy lineáris vagy fa struktúrában helyezkednek el, logikailag viszont gyűrűt alkotnak, és minden állomás ismeri a szomszédai címét. Amikor a gyűrűt üzembe helyezik, először a legmagasabb számú állomás küldhet, utána viszont a vezérjel rendesen



körbejár. Az adási jog továbbadására egy speciális keret szolgál, amit vezérjelnek vagy tokennek hívunk. Küldési joga csak a vezérjelet birtokló állomásnak van, ezért soha nincs ütközés. Ez a rendszer üzenetszórásos közeg (mindenki megkapja az üzenetet, de csak a címzett reagál) Az állomások fizikai sorrendje ill. helye lényegtelen. Az állomások gyűrűbe juttatása ill. az onnan való törlése a MAC protokoll hatáskörébe tartozik.
Fizikai réteg:
- 75 ohmos, szélessávú koaxiális kábel
- mind az egy-, mind a kétkábeles rendszer engedélyezett, főállomással vagy főállomás nélkül
- lehetséges sebességek: 1,5 és 10 Mbps
- teljesen inkompatibilis a 802.3 fizikai rétegével

A vezérjeles sín MAC protokollja:
A logikai gyűrű üzembehelyezésekor az állomások cím szerinti sorrendben kerülnek be a gyűrűbe. A vezérjelet a magasabb című állomás az alacsonyabb című felé küldi. Amikor egy állomás megszerzi a vezérjelet, meghatározott ideig adhat, majd tovább kell küldenie a tokent. Ha az elküldendő keretek rövidek, akkor több keret adása is lehetséges, ha nincs küldendő keret, akkor tovább kell adni a tokent.
Prioritási rendszer: négy prioritási osztály van: 0, 2, 4, 6. A MAC az LLC-től érkező adatokat prioritásuk szerint szétválogatja. Minden prioritási osztályhoz tartozik egy várakozási sor. Amikor a munkaállomás megkapja a vezérjelet, először a legmagasabb prioritású várakozási sort üríti ki. Ha maradt ideje, következhetnek az alacsonyabb prioritású sorok. A prioritási sorok között is van időkorlát, az időszeletből a prioritás alapján kapnak a várakozási sorok. Ha a magasabb prioritású sornak nincs szüksége a teljes időre, az alacsonyabb prioritásúak kapják meg.

≥1	1	1	2 v. 6	2 v. 6	0-8182	1	4

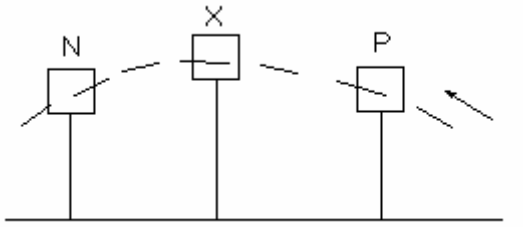
előtag	keretkezdet jelző	keretvezérlés	célcím	forráscím	adat	végjelző	ellenőrző összeg

- előtag: a vevő órájának szinkronizálását segíti
- kezdet- és végjelző: a keret határait jelzi, mindkettő analóg kódolású szimbólumokat tartalmaz (nem 0 és nem 1, hanem átmenet a kettő között)
- keretvezérlés: az adat- és vezérlőkereteket különbözteti meg. Adatkeretek esetén a prioritást is hordozza. Tartalmazhat olyan jelzést, ami a célállomást a hibás vagy hibátlan keret nyugtázására kötelezi. E nélkül a célállomás nem küldhetne nyugtát, mert nincs nála a vezérjel. Vezérlőkeret esetén kétféle keret lehetséges: vezérjelátadási vagy gyűrű-karbantartási keret.
- célcím ill. forráscím: csak egyféle (2 vagy 6 bájtos) címeket lehet alkalmazni, egyedi, csoportos, helyi és távolsági címzés egyaránt használható
- adatmező: ha a címek 2 bájtosak, akkor az adatmező 8182 bájtos, 6 bájtos címek esetén 8174 bájtos lehet
- ellenőrző összeg: átviteli hibák kiszűrésére

Logikai gyűrű karbantartása: az állomások ki- és beléptetését kell megoldani úgy, hogy az előírt legrosszabb eset-beli vezérjel-körbefordulási időt ne lépjük túl.

- Beléptetés:
  Minden állomás rendszeres időközönként speciális keretet (Solicit Successor) küld, amivel ajánlatot kér a gyűrűhöz nem tartozó állomásoktól. Ez a keret tartalmazza a küldő állomás és az őt követő állomás címét, mert az új állomásnak csak a köztes tartományban lévő címekre lehet bejelentkezni, hogy a csökkenő címsorrend megmaradjon. A Solicit Successor kiadása után 2τ résideig várnak, ha egy állomás sem kéri felvételét a gyűrűbe, a vezérjel birtokosa folytatja a munkát. Ha csak egyetlen állomás ajánlkozik, a megelőző és a következő állomás megfelelően beállítják a szomszéd állomás címét. Ha két vagy több állomás jelentkezik, ütközés jön létre. Ezt okozhatja:
  - két állomás ugyanabból a tartományból ugyanazt a címet választotta
  - két állomás véletlen bitjei (késleltetés-határozó) megegyeznek

  Ha ütközés jön létre, a vezérjel tulajdonosa a versenyhelyzet feloldására egy speciális keretet küld: Resolve Contention.
  A beléptetés nem befolyásolhatja a vezérjel-körbefordulási időt. Minden állomásban van egy időzítő óra, amellyel a vezérjel-körbefordulási időt méri. Amennyiben ez az idő meghalad egy bizonyos korlátot, akkor arra következtet, hogy túl nagy a forgalom, és nem küld ajánlatot. Nagy forgalom esetén nem garantálható a gyűrűbe kerülés maximális ideje (a gyakorlatban maximum néhány másodperc).
- A gyűrű elhagyása:
  X állomás ki akar lépni. A keret ebben az egy esetben visszafelé halad. X egy keretet (Set Successor) küld P-nek, amely az X-et követő állomás (N) címét tartalmazza. P bejegyzi az őt követő állomásként N-t, X pedig kiesett a gyűrűből.



- A gyűrű üzembe helyezése
  0. Minden állomás kikapcsolva
  1. Az első állomást bekapcsolják
  2. Az első állomás észreveszi, hogy régen volt forgalom a gyűrűn
  3. Claim Token keretet küld (vezérjel igénylés)
  4. Rájön, hogy egyedül van, nincs versenytársa, ezért létrehoz egy gyűrűt, amiben csak ő szerepel, és létrehoz egy vezérjelet.
  5. Solicit Successor keretek segítségével a többi állomás is fokozatosan bekapcsolódik.

  Ha két állomást egyszerre kapcsolunk be, akkor a magasabb című hozza létre a vezérjelet.

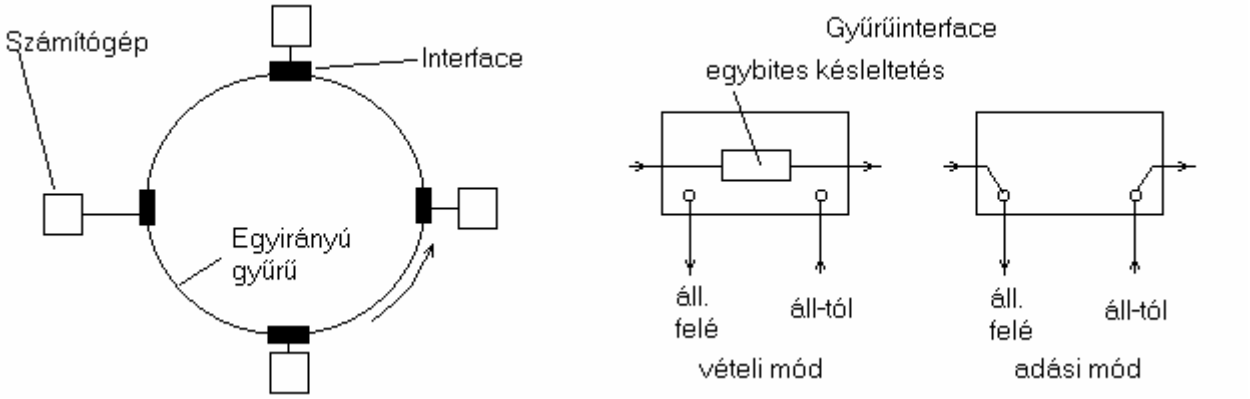
Átviteli- és hardverhibák kezelése:

1. Vezérjel továbbítása működésképtelen állomásnak: minden állomás figyeli az őt követő állomást, hogy bocsát-e ki vezérjelet vagy keretet. Ha nem lát forgalmazást, újraküldi a vezérjelet. Ha ez sem jár sikerrel, akkor egy Who Follows keretet küld, amely a meghibásodott állomás címét, tartalmazza. Ha jelentkezik egy állomás, amely felismeri az adott címet az őt megelőző állomás címeként, visszaküld egy Set Successort a saját címével, vagyis kilépteti a hibás állomást. Ha senki sem jelentkezik, mint a hibás állomás szomszédja, küld egy Solicit Successor 2-t annak ellenőrzésére, hogy van-e még valaki a gyűrűben. Ha nincs senki a gyűrűben rajta kívül, akkor a hálózat felállításával kezd foglalkozni, ha viszont vannak még más állomások a gyűrűben rajta kívül, verseny indul a vezérjel megszerzéséért, a versenyt a legmagasabb című állomás nyeri.
2. A vezérjelet birtokló állomás kiesik: minden állomás időzítő órája figyel. Ha az időkorlát lejár, és nem érkezik keret, akkor az állomás, amelyiknek lejár az ideje, küld egy Claim Tokent, verseny indul a vezérjelért, amit a legmagasabb című állomás nyer.
3. Több vezérjel jelenik meg: ha a vezérjelet birtokló állomás észreveszi a másik vezérjelet, akkor a sajátját eldobja. Ha az összes vezérjelet eldobják, verseny indul, és a vezérjel újragenerálódik.

Keretvezérlés	**Keret neve**	**Feladata**
00000000	Claim Token	Vezérjel igénylés a gyűrű inicializálása során
00000001	Solicit Successor 2	Állomások belépésének engedélyezése
00000010	Solicit Successor 1	Állomások belépésének engedélyezése
00000011	Who Follows	Elveszett vezérjelből való felépülés
00000100	Resolve Contention	Versenyhelyzet feloldása
00001000	Token	Vezérjel-átadás kerete
00001100	Set Successor	Állomások kiléptetése

Az OSI modell alsó két rétegének megvalósításai IV.

- Az IEEE 802.5 szabvány (vezérjeles gyűrű)



Gyűrű általános jellemzése: használják mind helyi, mind nagy hálózatoknál, nem alkalmas viszont üzenetszórásos átvitelre. Tulajdonképpen kör alakba rendezett két pont közötti kapcsolatoknak a halmaza.
Az átviteli közeg lehet:

- sodrott érpár
- koaxiális kábel
- optikai szál

Majdnem teljesen digitális. Fair és kiszámítható csatorna-hozzáférést biztosít.
Alapvető kérdés **egy bit fizikai hossza**. Adott:

R Mbps sávszélességű hálózat
ekkor 1/R μs-onként kerül egy bit a gyűrűbe
a tipikus jelterjedési sebesség 200 m/μs
tehát egy bit hossza 200/R m

A gyűrűinterface-hez érkező bitek egy ideiglenes pufferbe kerülnek, ahonnan az állomás újra a gyűrűbe küldi őket. A pufferben lévő bitet az állomás megvizsgálhatja és módosíthatja.
Vezérjeles gyűrű: ha az állomások tétlenek egy speciális bitminta, ún. vezérjel jár körbe. Ha egy állomás adni akar, meg kell szereznie a vezérjelet, és eltávolítania a gyűrűből. Magának a gyűrűnek is elég késleltetéssel kell rendelkeznie ahhoz, hogy tétlen állomások esetén is képes legyen a teljes vezérjel befogadására és keringtetésére.
Késleltetés:

- a gyűrűinterface-ek egybites késleltetése:
  - a gyűrűinterface az állomástól kapja az áramot, vagyis ha az állomást kikapcsolják, az interface is kikapcsol, és megszűnik a késleltetés (megszakad a gyűrű), ezért az interface be- és kimenetét össze kell kötni
  - a gyűrűinterface-ek a gyűrűtől kapják az áramot
- jelterjedési késleltetés: éjjel, vagy rövid gyűrű esetén mesterséges késleltetéseket építenek be, mert ilyenkor kevés állomás működik, és megeshet, hogy a kiadott jelsorozat „utoléri önmagát".

Gyűrűinterface:

- vételi üzemmód: a bemeneti bitek egybites késleltetéssel kerülnek a kimenetre
- adási üzemmód: a vezérjel megszerzése után az interface megszakítja a kapcsolatot a bemenet és a kimenet között, és a saját adatait viszi át a gyűrűre

Azért, hogy a vételi és az adási mód közötti váltás egy biten belül megoldható legyen, pufferelni kell az elküldendő kereteket. A gyűrűben terjedő biteket a küldő állomás távolítja el, ellentétben a CSMA/CD-vel és a vezérjeles sínnel, ahol a célállomás szedi le a jelet. A visszatérő kereteket a munkaállomás vagy megtartja, vagy eldobja. Ha megtartja, akkor ellenőrizheti a bitek helyes terjedését, hibamentességét. Miután az állomás a kereteinek az utolsó bitjét is elküldte, a vezérjelet vissza kell helyeznie a gyűrűbe. Az interface-nek képesnek kell lennie arra, hogy az utolsó bit elküldése után azonnal vételi üzemmódba kapcsoljon, mielőtt az esetlegesen visszaérkező vezérjelet újra kivonja a gyűrűből.
Nyugtázás: megoldható, mivel az összes bit visszakerül a feladó állomáshoz. A kereteknek tartalmazniuk kell egy speciális bitet, amely kezdetben 0, a célállomás pedig helyes vétel esetén 1-re állítja. Ennek a speciális bitnek az ellenőrző összeg után kell állnia.
A gyűrűinterface-nek képesnek kell lennie arra, hogy az ellenőrző összeget ellenőrizze az utolsó bit beérkezése után. Ha a keret üzenetszórásos átvitelt valósít meg, akkor a nyugtázási mechanizmus vagy sokkal bonyolultabb, vagy egyáltalán nem is létezik.
Kis forgalom esetén a vezérjeles gyűrű rossz kihasználtsággal dolgozik, a vezérjel körbejár, néha-néha kivonják az állomások. Nagy forgalom esetén az egyes állomásoknál az elküldendő keretekből sorok keletkeznek. Amikor a munkaállomás megszerzi a vezérjelet, elküldi az összes keretét, majd visszahelyezi a vezérjelet. A következő állomás szintén ezt teszi, és így tovább. Ez a ciklikus multiplexálás, hatékonysága elérheti a 100%-ot.
A 802.5 szabvány:
A fizikai rétege 1 vagy 4 Mbps-os sebességre képes árnyékolt sodrott érpár. A jeleket különbségi Manchester-kódolással kódolja. Normál esetben a különbségi Manchester-kódolás H-L ill. L-H átmeneteket használ a bitek ábrázolására, a 802.5-ös szabvány azonban H-H és L-L átmeneteket is alkalmaz, ezek viszont csak párokban fordulhatnak elő. Ezek a nem szabványos Manchester-jelek a keretek elejét és végét jelzik.

A gyűrűhálók legnagyobb problémája a kábelszakadás, ennek kiküszöbölésére használják a huzalközpontot. A huzalközpont felépítése logikailag gyűrű, fizikailag az állomások legalább két sodrott érpárral a huzalközponthoz kapcsolódnak. Az egyik érpár a huzalközpont, a másik az állomások felé továbbítja az adatokat. A huzalközpontokon belül terelőrelék vannak, melyeket az állomások látnak el árammal. Ha az állomás kiesik, a relé rövidrezár, kizárja az állomást. A reléket szoftver is működtetheti, könnyen lehet írni rá hálózatfigyelő szoftvereket, az egyes szegmenseket ki lehet iktatni. Ha a hálózat egymástól távol eső állomásokból áll, akkor huzalközpontokból álló topológia is létrehozható.

A vezérjelgyűrű MAC protokollja:

Amikor nincs forgalom a gyűrűn, akkor egy 3 bájtos vezérjel kering, amíg valamelyik állomás meg nem szerzi a második bájt egy adott, 0 értékű bitjének 1-re állításával. Ekkor az első két bájt keretkezdet-szekvenciává alakul. Az állomás ezután egy normál adatkeret további bitjeit kezdi el küldeni.

Vezérjel formátuma:

1	1	1
keretkezdet-jelző	hozzáférés-vezérlés	keret vége

Adatkeret:

1	1	1	2 v. 6	2 v. 6	nincs határa	4	1	1
SD	AC	FC	célcím	forráscím	adat	ellenőrző összeg	ED	FS

Általában a keret első bitje a gyűrűn körbeérve még azelőtt visszaérkezik az állomáshoz, mielőtt az utolsó bitet elküldte volna. Az adóállomásnak ezért már küldés közben el kell kezdeni a gyűrű lecsapolását. Egy állomás a vezérjelet legfeljebb az ún. vezérjeltartási ideig (Token Holding Time) birtokolhatja, melynek alapértéke 10 ms.

A keret mezői:

- kezdet- és végjelző (SD és ED): a megkülönböztetés érdekében érvénytelen Manchester-kódolású mintákat tartalmaz
- hozzáférés-vezérlés (AC): vezérjelet, figyelőbitet, prioritásbitet és lefoglalásbitet tartalmazza
- keretvezérlés (FC): megkülönbözteti a vezérlő- és adatkereteket
- forrás- és célcím
- adatmező: hosszát csak a vezérjeltartási idő korlátozza
- ellenőrző összeg
- keretstátusz (FS): két fontos bitet tartalmaz, jelük: A és C, de ezeket megkettőzik a megbízhatóság érdekében. Amikor egy keret megérkezik a célállomás interface-éhez, a keret elhaladása során a célállomás bebillenti az a bitet. Ha az interface be is másolja az adatokat az állomás memóriájába, a C bitet is bebillenti. A keret bemásolása meghiúsulhat a célállomás pufferhiánya miatt. Amikor a küldő állomás kivonja a kiadott keretét a gyűrűből, megvizsgálja az A és C biteket. Három variáció lehetséges:
  - A=0 C=0 : a célállomás nem működik, nincs bekapcsolva
  - A=1 C=0 : a célállomás létezik, de nem fogadta a keretet
  - A=1 C=1 : a célállomás létezik, bemásolta a keretet

  Ez a mechanizmus biztosítja a keretek egyidejű nyugtázását is. Ha egy keretet visszautasítanak (A=0, C=0), a küldő később újra próbálkozhat.
- végjelző bájt: tartalmaz egy E (Error) bitet, ami akkor billen be, ha az állomás hibát észlel, ill. egy olyan bitet, amivel egy logikai keretsorozat utolsó keretét lehet jelölni

Prioritáskezelés (többszintű): a hárombájtos vezérjel középső bájtjában van egy mező, amely a vezérjel prioritását adja meg. Amikor egy állomás egy n prioritású keretet akar adni, addig kell várnia, amíg egy n vagy annál kisebb prioritású vezérjel nem érkezik. A másik módszer az, hogy az állomás az éppen áthaladó keret lefoglalás-bitjeit olyan értékűre írja át, amilyen prioritású keretet küldeni kíván. Ha a lefoglalás-bitekbe már nagyobb prioritást jegyzett be egy állomás, akkor a lefoglalási kísérlet sikertelen. A keret elküldését követően vissza kell állítani az eredeti prioritást. A módszer hátránya az, hogy az alacsony prioritású kereteket a kiéheztetés veszélye fenyegeti.

A vezérjeles gyűrű karbantartása: minden gyűrűben található egy felügyelő (monitor) állomás, amely a gyűrű karbantartásáért felelős. Meghibásodás esetén egy protokollban szabályozott versenyalgoritmus alapján egy másik állomás kerül a helyére. A gyűrű indulásakor az első állomás észreveszi, hogy nincs felügyelő-állomás, ekkor Claim Token keretet küld. Ha a keret anélkül tér vissza, hogy más is küldött volna Claim Tokent, akkor ez az állomás lesz a felügyelő, ha viszont érkezik, akkor az előbbi versenyhelyzet alakul ki. Minden állomás képes ellátni a felügyelő-állomás funkcióit.

A felügyelő felelős:

1. A vezérjelvesztés figyeléséért: elindít egy órát, amely akkor áll le, mikor az összes állomás teljes vezérjeltartási ideje letelik, ez a lehetséges leghosszabb vezérjel nélküli intervallum. Ha ez az idő lejárt, a felügyelő-állomás megtisztítja a gyűrűt, és új vezérjelet bocsát ki (a meghibásodás előtt kiadott biteket ki kell vonni).
2. A gyűrűszakadáskor elvégzendő tevékenységért: a hibás kábelhez kapcsolódó állomást lekapcsolja a gyűrűről a huzalközpont segítségével.
3. Az összekeveredett keretek eltávolításáért: az összekeveredett vagy meghibásodott kereteket érvénytelen formátumuk vagy helytelen ellenőrző összegük révén lehet felismerni. A felügyelő-állomás megtisztítja a gyűrűt, és új vezérjelet bocsát ki.
4. Árván maradt keretek: árvakeret akkor keletkezik, amikor az állomás teljesen kibocsátja a keretet, de annak kivonására már nem képes. Minden áthaladó keret hozzáférés-vezérlés mezőjében a felügyelő-állomás bebillenti a felügyelő bitet. Ha olyan keret halad el az állomás előtt, amelynek a felügyelő bitje 1, akkor az már egyszer elhaladt, árvakeret, a felügyelő-állomás kivonja.
5. A késleltetések beiktatásáért, kezeléséért: a 24 bites vezérjelnek egyszerre el kell férnie a gyűrűben. Ha az állomások egybites késleltetése és a kábel késleltetése kisebb, mint 24 bit, a felügyelő külön késleltetésekkel biztosítja a vezérjel keringtethetőségét.

Szakadás esetén meg kell határozni a hiba helyét. Amikor egy állomás valamelyik szomszédját működésképtelennek véli, kibocsát egy Beacon keretet, amely megadja a feltételezhetően hibás állomás címét. Ha ez a keret körbemegy, tartalmazni fogja a feltételezhetően hibás állomás (ok) címét. Ezek az állomások a huzalközpontból szoftver segítségével kiiktathatók.

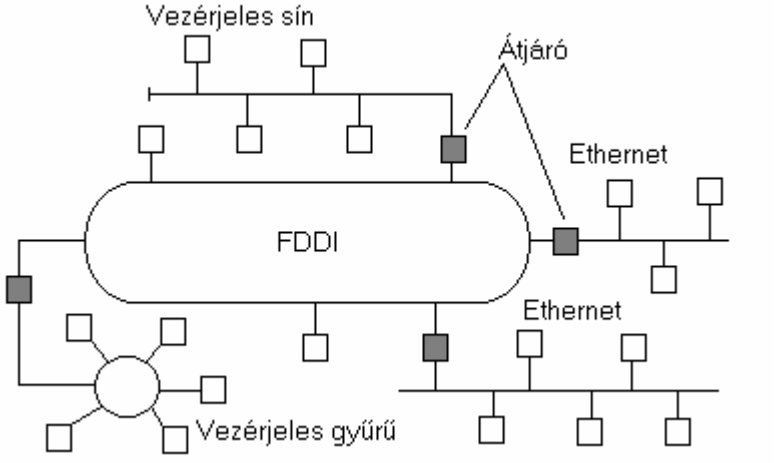
Keretvezérlés	Név	Feladat
00000000	Duplicate Address Test	ellenőrzi, hogy van-e két azonos című állomás
00000010	Beacon	gyűrűszakadás lokalizálásához
00000011	Claim Token	próbálkozás felügyelővé válásra
00000100	Purge	a gyűrű újraindítása
00000101	Active Monitor Present	a felügyelő-állomás periodikusan bocsátja ki
00000110	Stand By Monitor Present	potenciális felügyelő jelenlétét hirdeti ki

Az FDDI szabvány általános jellemzése

- Közeghozzáférés-vezérlés
- Keretformátum
- Állomások kapcsolódása a gyűrűbe
- Hibakezelés

Jellemzői:

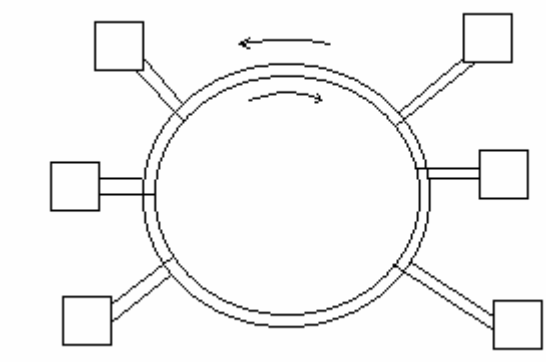
- nagy teljesítményű optikai szálas vezérjeles gyűrű, LAN
- maximum 200 km-t képes áthidalni
- sebessége 100 Mbps
- maximum 1000 munkaállomás kapcsolódhat rá

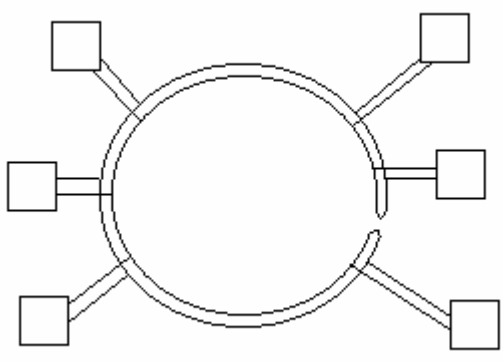


- ugyanúgy használható, mint bármelyik 802.x LAN, de a nagy sávszélesség miatt gyakran alkalmazzák gerincvezetékként, amely rézalapú LAN-okat kapcsol össze
- FDDI II: adatátvitelen kívül hang átvitelére is alkalmas, valósidejű
- az FDDI alkalmazhat monomódusú (a fény egyenes vonalban terjed benne, a lézerdióda drágább) vagy multimódusú (a fény „pattog" benne, így hosszabb utat kell megtennie, több erősítő szükséges) szálakat
- a multimódusú sokkal elterjedtebb, mert olcsóbb, és tudja teljesíteni a 100 Mbps-ot
- az üvegszálhoz LED-et használnak anyagi és biztonságtechnikai okokból
- a specifikáció $2{,}5*10^{10}$ bitenként egy hibás bitet engedélyez, a működő gyűrűk viszont ennél kisebb hibaarányt produkálnak
- az optikai szál érzéketlen a villamos gépek, természeti villamos jelek zavarására
- biztonsága jó, nehéz megcsapolni

Az FDDI kábelezése két optikai szálas gyűrűből áll. Ennek biztonságtechnikai okai vannak:

- ha az egyik szál megszakad, a másik átveszi funkcióját





- ha mindkét szál megszakad ugyanazon a helyen: a kábelvégeket össze lehet kötni, így kétszeres hosszúságú egyszeres gyűrű jön létre (logikai összekapcsolás)

Minden állomás relékkel van felszerelve, amelyek a gyűrű összekapcsolására és a meghibásodott állomások megkerülésére alkalmasak. Mivel ez is vezérjeles gyűrű, itt is lehet huzalközpontot kialakítani.

Munkaállomások típusai:

- A osztályú (DAS, Dual Attached Station): mindkét gyűrűre kapcsolódik
- B osztályú (SAS, Single Attached Station): csak az egyik gyűrűhöz kapcsolódik

A hibatűrés fontosságától függően építhetnek tiszta DAS-ból álló, tiszta SAS-ból álló, ill. vegyes hálózatot.
Az FDDI nem Manchester-kódolást használ, hanem **4 az 5-ből kódolást**. Ez azt jelenti, hogy minden 4 bites csoport 5 bitté kódolva jelenik meg. 5 biten 32 kombináció lehet, ebből 16 az adattovábbításra, 8 a vezérlőjelek kódolására szolgál, és 8 még kihasználatlan.
Előnye: sávszélességet takarít meg.
Hátránya: elvész a Manchester-kódolás szinkronizáló funkciója, de a szinkronizálást meg kell oldani, tehát itt is van egy hosszú előtag. Minden állomás órájának 0,005%-on belül kell járnia. Maximum 4500 bájtot lehet elküldeni újraszinkronizálás nélkül.
Közeghozzáférés-vezérlés: a 802.5-ön alapszik. Amíg a 802.5 esetében az állomás addig nem helyezi vissza a vezérjelet, amíg a keretének az eleje vissza nem ért hozzá, az FDDI viszont rögtön a keret vége után visszaadja a vezérjelet, így egyszerre több keret keringhet a gyűrűn.
Keretformátum:
Vezérjelkeret:

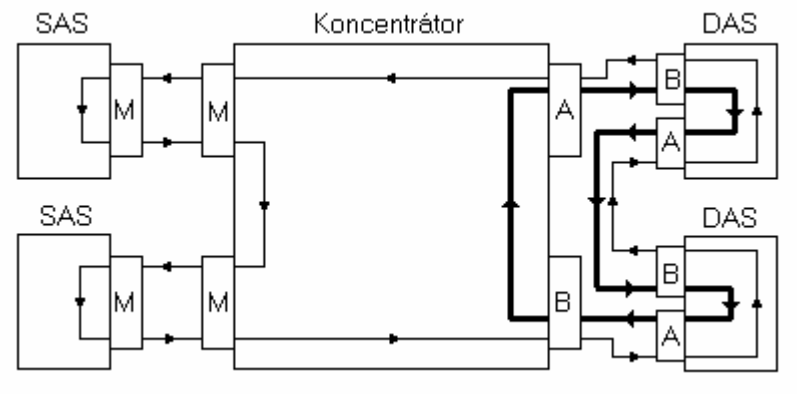
≥8	1	1	1
PR	SD	FCS	ED

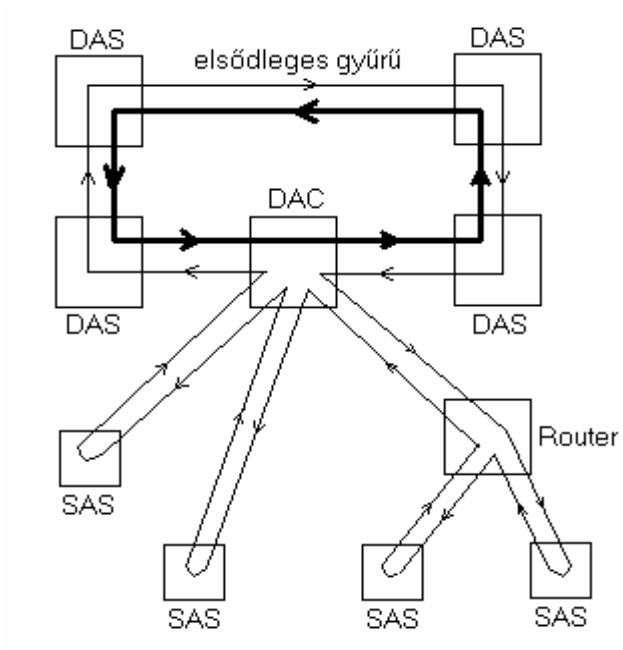
Adatkeret:

≥8	1	1	2 v. 6	2 v. 6	≥0	4	1	≥3
PR	SD	FC	DA	SA	I	FCS	ED	FS

- előtag (PR): felkészíti a csomópontot az érkező keret fogadására (szinkronizáció)
- kerethatárolók (SD, ED)
- keretvezérlés (FC):
- címmező mérete (a 6 bájtot használják)
- az adat szinkron vagy aszinkron
- egyéb ellenőrző információ
- forrás- és célcím (DA, SA):
  - 6 bájtosak
  - lehetséges: unicast, multicast, broadcast
- adat (I)
- Frame Check Sequence (FCS): CRC32, a küldő állomás a küldött bitsorozat függvényében számítja ki, a vevőoldalon szintén kiszámolják. Ha a kettő nem egyezik:
  - kisebb hibák esetén a vevő javítja
  - nagyobb hibák esetén a keret újraküldésre kerül
- keretstátusz (FS): ezzel történik az automatikus nyugtázás. A forrásállomás értesül arról, hogy az általa elküldött keret megérkezett-e a célállomáshoz, ill. a célállomás be tudta-e másolni a pufferébe.

FDDI esetén létezik egy **speciális szinkronkeret**, amely PCM és ISDN adatok átvitelére alkalmazható. Ezt a szinkronkeretet egy mesterállomás generálja. A szinkronkeretek számára le van foglalva a sávszélesség egy része, ezek a legmagasabb prioritású adatok. A sávszélesség fennmaradó részét használhatják az aszinkron keretek, amelyek több prioritási osztályra vannak bontva. Az aszinkron átvitel során 8 prioritási szint van, mindegyik állomáshoz hozzá van rendelve valamelyik szint.
Állomások kapcsolódása a gyűrűbe





DAS: Dual Attached Station
SAS: Single Attached Station
DAC: Dual Attached Concentrator
Koncentrátor feladata: biztosítani, hogy az állomás meghibásodása ill. kikapcsolása esetén a gyűrű ne szakadjon meg. Minden egyes FDDI DAS-nak két portja van, ezeket A-val és B-vel jelöljük. Mindkét port kapcsolódik az elsődleges és a másodlagos gyűrűhöz is. Az FDDI megengedi, hogy az egyes állomások ideiglenesen kisajátítsák a gyűrű aszinkron átvitelre fenntartott részét. Az alacsony prioritású állomások ki vannak zárva.
Hibakezelés: az FDDI fel van készítve fizikai szinten is a hibakezelésre: erre szolgál a kettős gyűrű. Ha az elsődleges gyűrű szakad meg, a másik átveszi a szerepét. Ha mindkét gyűrű azonos helyen szakad meg, a két szomszédos állomáson belül záródik az elsődleges és a másodlagos gyűrű, ez az automatikus hibaizoláció. Ha a két gyűrű nem azonos helyen szakad meg, akkor a gyűrű szegmentálódik (két gyűrű jön létre). A fizikai védelemhez tartozik még az optikai rövidzár, amely az állomások A és B portjai között teszi folytonossá a vonalat kikapcsolás vagy meghibásodás esetén. Szoftveres védelem: FCS.

Hálózati megvalósítások

- Ethernet és Ethernet II összehasonlítása
- TCP/IP vagy IPX/SPX csomag elhelyezkedése Ethernet keretben

Az Ethernetet eredetileg arra tervezték, hogy nagy kiterjedésű és lassú, ill. kis kiterjedésű és gyors hálózatok közötti kapcsolatot valósítson meg. Olyan alkalmazásokhoz fele meg, melyek rövid ideig véletlenszerűen nagy mennyiségű adatot nagy sávszélességgel forgalmaznak. Az Ethernet az OSI modell alsó két rétegét szabályozza. 3 Mbps volt az eredeti terv, az IEEE 802.3-ban 10 Mbps-ra változott, aztán megjelent a 802.3u: Fast Ethernet, és a 802,3z: Gigabit Ethernet.
Szabványos jelölések

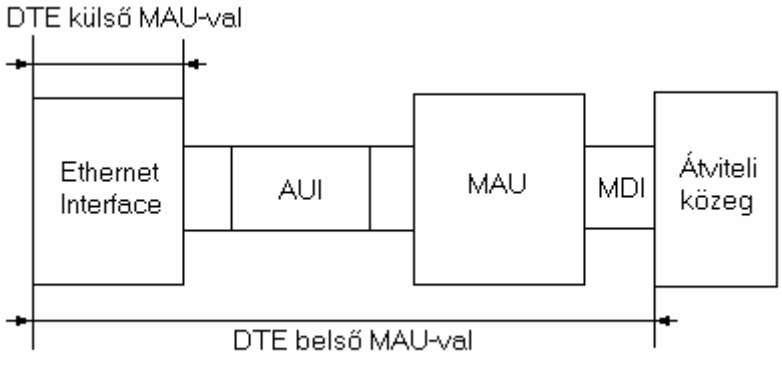
10 Base 5
jelentése:
10 átviteli sebesség Mbps-ban
Base átvitel módja:
Base: alapsávú
Broad: szélessávú
5 a szegmensek maximális hossza 100 m-ekben

	Átviteli sebesség	**Jelzési módszer**	**Szegmens maximális hossza**	**Közeg**	**Topológia**
Ethernet	10	Base	500 m	vékony koax, 50 Ω	sín
10 Base 5	10	Base	500 m	vastag koax, 50 Ω	sín
10 Base 2	10	Base	185 m	vékony koax, 50 Ω	sín
1 Base 5	1	Base	250 m	UTP	csillag
10 Base T	10	Base	100 m	UTP	csillag
10 Base F	10	Base	1000 m	optikai szál	csillag
10 Broad 36	10	Broad	1800 m	vékony koax, 75 Ω	sín

Keretformátum:

7	1	6	6	2	46-1500	4
PR	SOF	DA	SA	típus	adat	ellenőrző összeg

A felsőbbrendű protokollok keretei beágyazódnak az adatmezőbe, a típus pedig azt mutatja meg, hogy milyen protokoll kerete van az adatmezőben.
Címmezők: az Ethernet létrehozásánál biztosítani akarták, hogy két számítógépnek ne legyen azonos a címe, ezért minden egyes gyártó, aki Ethernet eszközöket gyárt, regisztráltatja az eszközt, és számára egy egyedi Ethernet címet adnak ki. Ezt a címet hardveresen beleégetik az eszközbe. A címek 6 bájtosak, ebből az első 3 bájt a gyártóra jellemző kód, az IEEE adja ki. A második 3 bájtot az adott cég határozza meg.



Hálózati csatlakozás tömbvázlata:

AUI: Attachment Unit Inter-face
MAU: Medium Attachment Unit
MDI: Medium Dependent In-terface
DTE: Data Terminal Inter-face

Átviteli közeg:

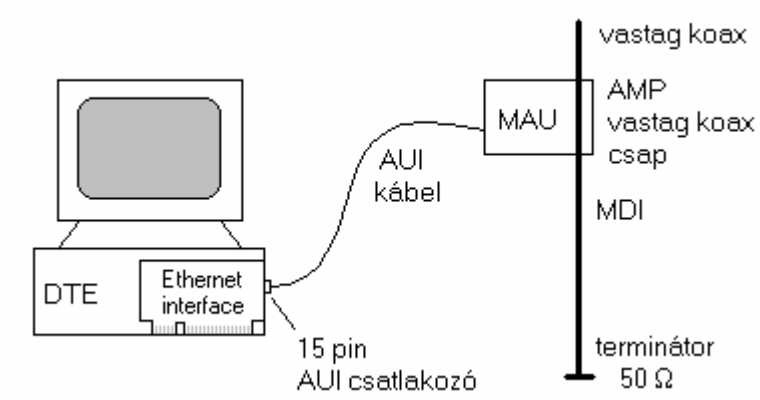
- vékony vagy vastag koax
- UTP
- optikai szál

MDI, közegfüggő csatoló:

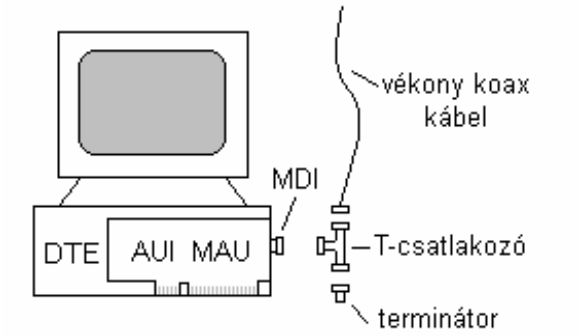
- sodrott érpár esetén: RJ45
- vékony koax esetén: BNC
- vastag koax esetén: vámpír-csatlakozás

MAU: 15 tűs csatlakozó

Csatlakozás vastag koaxiális kábelhez



Külső MAU-s DTE



Belső MAU-s DTE

Ethernet keretformátumai:

802.3

7	1	6	6	2	46-1500	4
PR	SOF	DA	SA	L	DATA	FCS

Mindaddig használható, amíg az összes eszköz azonos hálózati ill. szállítási protokollt használ.

Ethernet II

7	1	6	6	2	46-1500	4
PR	SOF	DA	SA	T	DATA	FCS

Eltérő méretű hálózati vagy szállítási réteg protokollokat is összekapcsolhat. Pl.:

TCP információ	Adat

IP információ	Adat

7	1	6	6	2	46-1500	4
PR	SOF	DA	SA	T	Adat	FCS

802.2

DSAP	SSAP	Control Field	Adat

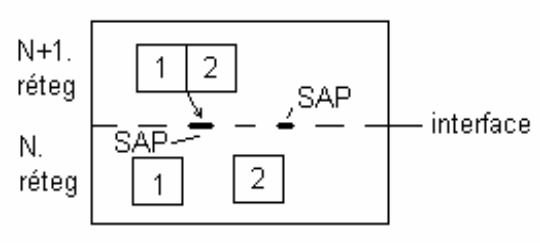
802.2

7	1	6	6	2	46-1500	4
PR	SOF	DA	SA	T	Adat	FCS

DSAP: Destination Service Access Point

SSAP Source Service Access Point

SAP:



1: interface információ
2: adat
Az N+1. réteg által a SAP-on átküldött adatot az N. réteg feldolgozza.

Hálózati réteg
- A hálózati réteg általános jellemzése
- ÖKM és ÖKA szolgálatok összehasonlítása
- OSI szolgálati primitívek
- A hálózati réteg belső szervezése

Hálózati réteg feladatai:
- a csomagoknak a forráscsomóponttól a célcsomópontig való eljuttatása, esetleg több közbenső csomópont érintésével, end to end kapcsolatot valósít meg
- a hálózati rétegnek ismernie kell a kommunikációs alhálózat topológiáját, hogy ki tudja választani a legalkalmasabb útvonalat. Figyelembe kell venni, hogy az egyes vonalak ne terhelődjenek túl, míg mások kihasználatlanul maradnak
- különböző alhálózatok közötti különbségek elfedése

ÖKM és ÖKA kapcsolódás: vannak olyan hálózatok, melyekben a hálózati réteg IMP-kben, míg a szállítási réteg hostokon fut, ezért a hálózati réteg szolgáltatásai egyben az alhálózatok szolgáltatásait is meghatározzák.

Elvárások:
1. a szolgálatoknak függetleneknek kell lenniük az alhálózat technikájától
2. a szállítási réteg elől el kell takarni a jelenlevő alhálózatok számát, típusát és topológiáját
3. a szállítási réteg számára hozzáférhető hálózati címeknek egységes számozási rendszert kell alkotniuk, legyenek ezek LAN-ban vagy WAN-ban

A legnagyobb probléma annak eldöntése, hogy ÖKA vagy ÖKM legyen a szolgáltatás. Ha a szolgáltató ÖKM vagy ÖKA szolgálatot biztosít, akkor a másik típusú szolgáltatás nem minden esetben érhető el.

Kérdés	**ÖKA**	**ÖKM**
kezdeti felépítés	szükséges	nem lehetséges
célcím	csak a felépítés alatt	minden csomag fejlécében
csomag sorszámozás	garantált	nem garantált
hibakorlátozás	a hálózati réteg végzi, pl.: alhálózatok	a szállítási réteg végzi, pl.: hostok
forgalomszabályozás	a hálózati réteg biztosítja	a hálózati réteg biztosítja
opcióegyeztetés	lehetséges	nem lehetséges
összeköttetés azonosító	létezik	nem létezik

<u>OSI hálózati szolgálat primitívek</u>

Csoportjai:
- összeköttetés létesítésére
- lebontására
- használatára
- alaphelyzetbe hozására

Alaphelyzetbe hozás: ha a kijelölt útvonal valamelyik eleme (IMP) megsérül, a forgalmazott csomagok elvesznek.
A primitívek számára paraméterek formájában információt lehet átadni. Információ típusai:
- nyugtakérés: a küldő állomás ezzel a paraméterrel jelzi, hogy nyugtakeretet vár. A válasz kétféle lehet:
  - a vevő megtagadja a nyugtakeretet
  - a vevő nyugtakeretet küld
- sürgős kérés: az ilyen paraméterrel rendelkező csomagok a várakozási sor elejére ugranak
- szolgálatminőség: egy paraméterlista-pár. Az egyik a megkívánt szolgálatminőséget határozza meg, a másik a minimálisan elfogadhatót. Ha az alhálózat nem tudja teljesíteni a minimális elvárásokat sem, akkor az összeköttetés nem jön létre. Elvárások:
  - késleltetés nagysága
  - hibaarány
  - titkosság
  - költség stb.

A hálózati réteg egyik feladata, hogy biztosítsa a hálózati címek egységes kezelését. Az OSI-modell hálózati rétege magába foglalja a ma létező összes címzési módszert, az összes hálózati szolgálat primitív ún. NSAP címeket használ.

AFI	IDI	DSP

|← IDP →|

AFI: Authoring and Format Identifier, hatósági és formátum azonosító
IDI: Initial Domain Identifier, kezdeti tartományazonosító
IDP: Initial Domain Part, kezdeti tartomány rész
DSP: Domain Specific Part, tartományspecifikus rész
AFI: a DSP-ben lévő adat típusát határozza meg, pl.: telefonszám, telexszám, hálózati cím
IDI: azt a tartományt jelzi, amelyhez a DSP-ben lévő cím tartozik, pl.: telefonszám esetén országkód
Az NSAP címek változó hosszúságúak, de maximum 40 decimális számjegy vagy 20 bájt hosszúak lehetnek.

A hálózati réteg belső szervezése

Két alhálózat-szervezési filozófia létezik:

ÖKM: a távírószolgáltatás mintájára a csomagokat datagramoknak, a szolgáltatást datagram-szolgáltatásnak nevezzük. Datagram-szolgálat: nincs előre meghatározott útvonal, a csomagok különböző útvonalakon haladhatnak. Sokkal több ellenőrzést igényel, viszont nagyobb a megbízhatósága, könnyebben alkalmazkodik a hibákhoz ill. a torlódásokhoz.

ÖKA: telefonszolgáltatáshoz hasonlít, virtuális áramkörnek is nevezzük. Nem kell minden egyes csomaghoz forgalomszabályozási döntést hozni, csak az összeköttetés létesítésekor. Az útvonal kiválasztása a forgalmazás legelején történik. Minden IMP-nek van egy táblázata, ahová az egyes virtuális áramkörök kerülnek bejegyzésre. A csomagoknak a virtuális áramkör számát kell tartalmazniuk.

Kérdés	**Datagram alhálózat**	**VÁ alhálózat**
áramkör létesítés	nem lehetséges	lehetséges, szükséges
címzés	minden csomag tartalmazza a teljes cél- és forráscímet	minden csomag egy rövid virtuális áramköri címet tartalmaz
állapotinformáció	az alhálózat nem hordoz állapotinformációkat	minden VÁ alhálózati táblabejegyzést igényel
forgalomirányítás	a csomagok útvonala független egymástól	az áramkör létesítésekor valósul meg, minden csomag ezt az útvonalat követi
csomóponti hibák hatása	nincs, kivéve az éppen jelenlévő csomagokat	az adott csomóponton átmenő minden VÁ megszakad
torlódásvezérlés	bonyolult feladat	könnyű, ha a csomópontok elég pufferrel rendelkeznek
összetettség	a szállítási réteg összetett	a hálózati réteg összetett
alkalmas	ÖKA és ÖKM szolgálatra is	csak ÖKA szolgálatra

Forgalomszabályozási algoritmusok

- Forgalomszabályozás feladata
- Forgalomirányító algoritmusok csoportosítása
- Algoritmusok jellemzése

Forgalomszabályozás: egy adott küldő és egy adott vevő közötti kétpontos forgalommal foglalkozik. Feladata, hogy megakadályozza, hogy egy gyors küldő elárassza adatokkal a lassabb vevőt. Ehhez egy visszacsatolást alkalmaznak a vevőtől a küldőhöz.

Forgalomszabályozási algoritmusok (Routing algorythm)

A hálózati réteg szoftverének azon része, amely azért a döntésért felelős, hogy a bemenő csomagot melyik kimenő vonalon kell továbbítani.

Elvárások:

- robusztusság: ellenállás a fellépő hibákkal szemben, hardverváltozások kezelése
- stabilitás
- korrektség
- optimalitás

Forgalomszabályozási algoritmusok csoportosítása			
nem adaptív	adaptív		
	centralizált	elszigetelt	elosztott

Nem adaptív: forgalomirányítási döntéseiben nem támaszkodik a pillanatnyi forgalom és topológia mért vagy becsült értékeire. Az I géptől a J gépig minden I-re és J-re vezető út kiválasztása előre, offline módon megy végbe, és ezek az utak az IMP-kbe rögződnek le. Ez a statikus forgalomirányítás (Static Routing).

Adaptív: a forgalomirányítási döntések tükrözik a topológia és az aktuális forgalom változásait.

- centralizált: a teljes alhálózatról gyűjtött információkat felhasználja
- elszigetelt: a lokális algoritmusok az egyes IMP-ken külön futnak le, és csak az ott gyűjtött információkat használják fel.
- elosztott: globális és lokális információk keverékét használja

Algoritmusok:

1. Legrövidebb út

Egyetlen legjobb út van, minden csomag ezt használja. Szempontok:

- csomópontátlépések száma
- földrajzi távolság
- szabványos tesztcsomagokra vonatkozó átlagos sorbanállási és átviteli késleltetés
- a legnagyobb sávszélesség
- a legkisebb kommunikációs költség

Két csomópont között csak egyetlen utat választ ki valamelyik szempont szerint.
Előnye: gyorsaság
Hátránya: ha az egyetlen útban megsérül valamelyik IMP, akkor megszakad a kapcsolat.

2. Többutas forgalomirányítás (Multipath routing)

Két csomópont között több, megközelítően egyformán jó út létezik. A forgalom ezen utak közötti szétosztásával jobb teljesítményt lehet elérni. Alkalmazható VÁ-ös és datagram-hálózatokban is. Minden IMP egy táblázatot kezel, amit a hálózati operátorok hoznak létre. A táblázat relatív súlyozással tartalmazza az első, második, stb. legjobb utat.
Előnye:

- különböző utakon különböző osztályú forgalmat küldhet
- alkalmas a teljesítmény és a megbízhatóság növelésére

3. Centralizált forgalomirányítás

Az előző két módszernél ismerni kellett a hálózat topológiáját és forgalmát, a centralizált forgalomirányítás feltételezi, hogy a topológia állandó és a forgalom ritkán változik. Ebben az esetben a forgalomirányítási táblákat csak egyszer kell létrehozni és betölteni az IMP-kbe. Ha a topológia vagy a forgalom változik, frissíteni kell a táblákat. A frissítést az RCC (Routing Control Center) forgalomirányító központ végzi. Megadott időközönként információkat gyűjt az IMP-kről, amelybe a működő szomszédok listája kerül. A teljes hálózatra vonatkozó ismeretei alapján új forgalomirányítási táblákat képez, és ezeket letölti az IMP-kbe.
Előnye:

- az RCC tökéletes döntéseket hozhat, mert minden információval rendelkezik
- az IMP-ket megszabadíthatja a forgalomirányítási számításoktól

Hátránya

- a forgalom ill. topológia változásának függvényében gyakran lehet szükség a táblák frissítésére
- gyors változásokhoz a rendszer csak nehezen vagy egyáltalán nem tud alkalmazkodni
- az RCC meghibásodása esetén a teljes hálózat működése veszélybe kerül. Ennek megakadályozására tartalék RCC-t alkalmaznak, de ez drága.
- inkonzisztencia léphet fel. Ezt az okozza, hogy a közelebb lévő IMP-k megkapják a táblákat, és elkezdik használni, míg a távoliak még a régieket használják, ezért torlódások keletkezhetnek. Ezekben a torlódásokban a távoli IMP-knek szóló forgalomirányítási táblák is elakadhatnak, a folyamat öngerjesztővé válhat.
- az RCC-hez vezető vonalak erősen terheltek

4. Elszigetelt forgalomirányítás

Az IMP-k csak azokra az információkra támaszkodnak, amelyeket önmaguk gyűjtöttek. Próbálnak alkalmazkodni a topológia és a forgalom változásaihoz. Ezt **elszigetelt adaptív algoritmus**nak nevezzük.

Forró krumpli (hot potatoe**) algoritmus:** amikor az IMP megkap egy csomagot, igyekszik attól minél hamarabb megszabadulni. Az IMP megszámolja, hogy melyik kimeneti vonalán áll sorba a legkevesebb csomag, és az után fűzi a továbbítandó csomagot függetlenül attól, hogy a kimeneti vonal jó irányba megy-e.

Fordított tanulás: az IMP-k közvetett információk alapján választják ki a legrövidebb utat. A csomagokban van egy lépésszámláló, amely azt mutatja, hogy adott forrástól kiindulva hány csomóponton haladtak keresztül. Az IMP figyeli a különböző utakon érkező csomagok lépésszámlálóit, és ez alapján választja ki a legrövidebb utat.

5. Elárasztás (Flooding)

Az IMP minden bejövő csomagot minden kimeneti vonalán továbbküld, kivéve azt, amelyiken érkezett. Minden csomagban van egy korlátozó lépésszámláló, melynek maximális értéke az alhálózat átmérője (az a lépésszám, amellyel bármelyik állomás elérhető), Ha ez a számláló nullára csökken, a csomagot eldobják.
Használata:

- katonai alkalmazások
- osztott adatbázisok
- összehasonlításra más algoritmusokkal, mert ez az algoritmus mindig megtalálja a legrövidebb utat, bár ekkor figyelmen kívül kell hagyni az alhálózatoknak a csomagok sokszorozásából adódó többletterhelését

Módosulatai:

- szelektív elárasztás: csak a közelítőleg jó irányba menő kimeneti vonalakon küldi el a csomagokat
- véletlen séta (random walk): véletlenszerűen választ a kimeneti vonalak közül, és azon küldi el a csomagot

6. Osztott forgalomirányítás

Az IMP-k periodikusan explicit forgalomirányító információkat cserélnek szomszédaikkal. Minden IMP egy forgalomirányító táblát tart fenn, melynek bejegyzései az alhálózat többi IMP-jére vonatkoznak. A bejegyzés két részből áll, a célcsomópont távolságának vagy elérési idejének becsült idejéből, és a hozzá tartozó legrövidebb út kimenő vonalának jeléből. Ha a mérőszám a késleltetés, az IMP speciális visszhangcsomagokkal méri a késleltetés értékét.

7. Optimális forgalomirányítás

Az alhálózat topológiájának és forgalmának részletes ismerete nélkül is tehetünk néhány elvi megállapítást az optimális útra.
Optimalitási elv (optimal principle): ha J IMP rajta van az I-től K-ig vezető legrövidebb úton, akkor a J-től K-ig vezető út is optimális.
Következménye: egy adott célállomáshoz vezető, bármely más állomástól induló optimális utak összege egy fát alkot, melynek gyökere a célállomás. Ezt hívjuk nyelőfának. A nyelőfa nem tartalmaz hurkokat.

8. Áramlásalapú forgalomirányítás

Néhány hálózatban a csomópontok közötti adatáramlás viszonylagosan stabil és megjósolható. Ha I és J közötti átlagos forgalom ismert, lehetségessé válik az áramlás matematikai elemzése és a forgalomirányítás optimalizálása. Ismertnek kell lennie a hálózat topológiájának, a forgalommátrixnak és a vonalkapacitási mátrixnak. Ez alapján minden vonalra ki lehet számítani a késleltetést, és a legkisebb késleltetésű út választható.

9. Hierarchikus forgalomirányítás

A hálózat méretének növekedésével arányosan nő az IMP-k forgalomirányítási tábláinak a mérete. Ez egyre több IMP memóriát, CPU időt és lefoglalt sávszélességet igényel. Egy bizonyos méret után nem lehetséges, hogy az egyes IMP-k forgalomirányítási tábláiban minden más IMP-ről bejegyzés legyen. A hierarchikus forgalomirányításnál az IMP-ket körzetekbe osztják. Minden IMP csak a körzetébe tartozó IMP-kről rendelkezik információval, a körzetén kívül eső IMP-kről semmit sem tud. Nagyméretű hálózatok esetében két hierarchiai szint nem elégséges, ezért itt több szint van (körzet, zóna, stb.). N elemű hálózat esetén a szintek száma optimális esetben lnN-nel egyenlő.

10. Csomagszórásos forgalomirányítás

Módszerei:

- egyedi csomagküldés minden egyes csomópontnak: minden egyes csomópontról listával kell rendelkezni, ami sok memóriát és nagy sávszélességet igényel
- elárasztás: lásd 4.2.5
- több célcsomópontos (többcélú) forgalomirányítás:
  - minden csomag egy célcsomópontokból álló listát vagy bittérképet tartalmaz
  - megnövekszik a csomagok mérete
- nyelőfa: az állomásoknak ismerniük kell a nyelőfához tartozó útvonalakat
- fordított út továbbítás:
  - az IMP megvizsgálja, hogy a csomagszórással érkezett csomag az optimális útvonalon érkezett-e. Ha igen, megtartja, ha nem, eldobja, mert amelyik csomag nem az optimális úton érkezett, azt már a cél az optimális úton megkapta
  - hatékony
  - könnyen implementálható
  - nem követel előismereteket
  - célcsomópont-listára nincs szükség
  - nem igényel folyamatleállító mechanizmust

Torlódásvezérlő algoritmusok

- Torlódásvezérlés feladata
- Algoritmusok típusainak ismertetése
- Algoritmusok jellemzése
- Holtpontok csoportosítása, jellemzése és feloldásuk vagy megelőzésük

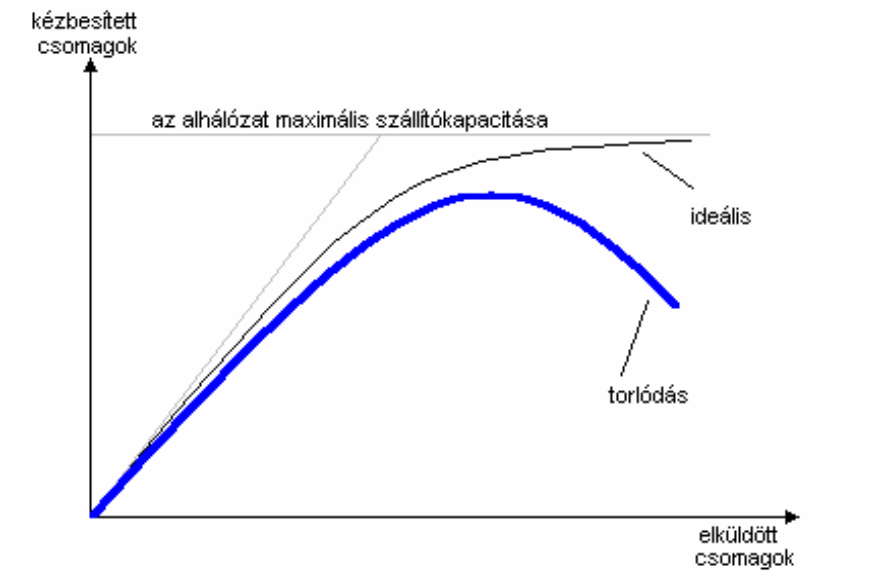
Torlódás: az alhálózatban vagy annak egy részében túl sok csomag jelenlétekor bekövetkező teljesítménycsökkenés.

Torlódás fellépésének okai:

- az IMP-k túl lassan végzik az adminisztrációs feladataikat
- a kimeneti csatornák kapacitása kisebb, mint a bemenetieké

A torlódás öngerjesztő folyamattá válhat. Amikor az IMP már nem rendelkezik szabad pufferterülettel, akkor az újonnan érkező csomagokat figyelmen kívül hagyja. Amikor eldob egy csomagot, a küldő IMP egy idő után újraadja azt.

Torlódásvezérlés: biztosítja, hogy az alhálózat képes legyen a jelentkező forgalom lebonyolítására.



Torlódásvezérlő algoritmusok

1. Pufferek előrefoglalása

VÁ-ös hálózatok esetén használatos. Az áramkör létesítésekor egy híváskérési csomag végighalad a hálózaton, útja során táblabejegyzéseket helyez el az IMP-kben, és puffereket is lefoglalhat. Ha az IMP-nek minden puffere foglalt, a hívásnak másik utat kell keresnie, vagy foglalt jelet kell visszaadnia a hívónak. Az egyirányú áramkörökhöz IMP-nként 1, a kétirányúakhoz 2 puffer szükséges minimálisan. Pufferek segítségével megoldható a csomagok továbbításig való tárolása, így a torlódások elkerülhetők. Csak akkor szabad nyugtát küldeni a küldő IMP-nek, ha a csomagot sikerült továbbítani. A nyugtacsomag jelzi a sikeres továbbítást és a sikeres vételt is, az IMP ilyenkor már képes új csomag továbbítására.

Hátrányai:

- bonyolult a felépítési eljárás
- jelentős erőforrást kell elkülöníteni az egyes áramkörök számára függetlenül attól, hogy mekkora a kihasználtságuk
- a nem használt pufferek más áramkörök számára hozzáférhetetlenek

2. Csomageldobás

A puffer-előrefoglalás ellentéte. Ha a csomag olyan IMP-hez érkezik, amely helyhiány miatt nem tudja fogadni, akkor az IMP egyszerűen eldobja. VÁ esetén a csomag másolatát tárolni kell valahol újraadási célból. A tárolás két helyen történhet, a forrás IMP-ben vagy a küldő IMP-ben. Bemeneti soronként 1 puffert az érkező csomagok vizsgálatára kell fenntartani.

Előnye: nem engedi, hogy az összes puffer egy kimeneti vonalhoz tartozzon. Nem gyorsítja az átvitelt, ha sok csomag áll sorba, viszont néhány puffer felszabadul. Minden bemeneti vonalhoz a pufferek egy tartománya tartozik.

Hátránya: az újraadások külön sávszélességet igényelnek

3. Izaritmikus torlódásvezérlés

Szabályozni kell a csomagok számát a hálózatban. A csomagok számának közvetlen korlátozásával akadályozza meg a torlódásokat. A hálózatban ún. engedélyek keringenek, mielőtt az IMP elküldené a hostjától kapott csomagot, el kell fognia egy engedélyt és megsemmisítenie azt.

Problémák:

- nem garantálja, hogy a gyors IMP nem árasztja el csomagokkal a lassú vevőjét
- gondoskodni kell az engedélyek elosztásáról:
  - ne legyen sok késleltetés
  - állománytovábbítás esetén az egész útvonalon gondoskodni kell az engedélyek megszerzéséről
- állandóan vizsgálni kell a hálózatban az engedélyek számát, és szükség esetén újakat kell generálni

4. Forgalomszabályozás

Egy teljes alhálózat forgalmát kell két pont közötti vég-vég szabályozási módszerek segítségével megoldani. Egy IMP nem tud tekintettel lenni arra, hogy a vevő IMP-jének más IMP-k is küldenek.

5. Lefojtó csomagok (Choke packets)

Az IMP-k figyelik a kimeneti vonalaikat, ha a kimeneti vonal kihasználtsága meghalad egy bizonyos szintet, a kimeneti vonal ún. figyelmeztetési állapotba kerül. Ha az IMP olyan csomagot kap, amelyet a figyelmeztetési vonalán kellene továbbküldenie, akkor a forráshostnak küld egy lefojtó csomagot, amely tartalmazza a célcímet. Ennek hatására a forráshost másik útvonalat választ. Az IMP megjelöli a csomagot, és továbbküldi a figyelmeztetéses vonalon. Azért jelöli meg, hogy ha a csomag továbbra is túlterhelt vonalakon haladna tovább, akkor ne küldjön minden IMP lefojtó csomagot a forráshostnak. Amikor egy forráshost egy adott célra vonatkozó lefojtó csomagot kap, akkor csökkentenie kell az oda irányuló forgalmát. Ha adott időn belül nem jön újabb lefojtó csomag, akkor ismét adhat rendesen.

6. Holtpont (Deadlock)

A torlódás legsúlyosabb esete. Az egyik IMP arra vár, hogy a másik csináljon valamit, míg a másik nem tesz semmit, míg az előbbi nem ad jelet.

Hálózattervezéskor követelmény a holtpontok kiküszöbölése.

Közvetlen tárol és továbbít holtpont: Két IMP egymásnak akar adni, de az összes pufferük a másiknak szóló csomagokkal van tele, így egyik sem tud csomagot fogadni. Ez előfordulhat úgy is, hogy minden IMP a szomszédjának szeretne adni, de mindegyiknek tele van a puffere, így az IMP-k összes vonala blokkolódik, nem csak a holtpontban résztvevő vonalak.

Holtpontkezelési megoldások:

- M+1 puffer: M a hálózatban a leghosszabb úton megtett csomópontátlépések számát jelöli, és minden IMP M+1 puffert tartalmaz. A pufferek 0-tól vannak számozva. A host csak akkor küldheti el csomagját az alhálózatba, ha az IMP 0-s puffere üres. A csomagot csak akkor lehet továbbküldeni az IMP szomszédainak, ha azok 1-es puffere üres. Sok puffer kell hozzá.
- Ha a csomag már megtett i számú csomópontátlépést, akkor bármelyik i-nél nagyobb sorszámú pufferbe átkerülhet. Előnye: kevesebb puffer marad kihasználatlanul.
- A csomagok időpontjelzést tartalmaznak. Az idősebb csomag zavartalanul haladhat a célja felé, a fiatalabbnak viszont el kell térnie a legoptimálisabb úttól. Amelyik IMP-nek idősebb csomagja van, az küldheti a szomszédjának, míg a fiatalabb csomagnak az ellenkező irányba kell haladnia. Hátránya: az óraegyeztetés. Ha valamelyik hostnak az órája előrébb jár, akkor a csomagjai később fognak megöregedni. A fiatal csomagoknak el kell térniük az optimális úttól.
- Összerakási holtpont: a nem sorrendhelyesen érkező csomagokat az IMP sorrendhelyesen akarja továbbítani. A csomagok lefoglalják az IMP puffereit. Ha a kezdőcsomag nem érkezik meg, sem a csomagok vétele, sem a csomagok továbbküldése nem lehetséges. Megoldás: a küldő IMP lefoglalja az összes csomag számára a helyet, és csak akkor küldi a csomagokat, ha a fogadótól engedélyt kap.

További hibalehetőségek az alhálózatban:

- egy IMP kijelenti, hogy az alhálózat minden más IMP-jét nulla késleltetéssel képes elérni. Ez beíródik minden egyes routing táblába, és minden router ezen az IMP-n keresztül akar küldeni.
- hibás önazonosítás: egy IMP hibásan határozza meg a hálózatban elfoglalt helyét

Heterogén hálózatok összekapcsolása

- A felmerülő problémák ismertetése
- Az OSI modell és a hálózatközi együttműködés
- Ismétlők típusai és általános jellemzésük

A csomagok hálózati mozgatásakor a szükséges átalakításokat végző eszközöket általánosan ismétlőknek (relay) nevezzük.

- kétoldalú (bilateral) ismétlők: két különböző hálózatot kötnek össze
- többoldalú (multilateral) ismétlők: több hálózatot kötnek össze

Az OSI modell és a hálózatközi együttműködés

Az OSI modellben a hálózatközi együttműködés a hálózati réteg hatáskörébe tartozik. A hálózati réteg három alrétegre bontható:

1. Alhálózat-hozzáférési alréteg (Subnet Access Sublayer)
   Célja: a használt egyedi alhálózat hálózati rétegének protokollját kezelni
   Feladata: adat- és vezérlőcsomagok előállítása, forgalmazása, fogadása. Végrehajtani a hálózati réteg szokásos funkcióit. Nem garantálható, hogy más alhálózatokkal is együtt tud működni.
2. Alhálózat-kiterjesztési alréteg (Subnet Enhancement Sublayer)
   Célja: a különböző szolgáltatásokat kínáló hálózatok összehangolása
3. Internet alréteg (Internet Sublayer)
   Célja: együttműködés minden szomszédos hálózattal
   Feladata: vég-vég hatáskörű forgalomirányítás. Megvizsgálni az érkező csomagokat, eldönteni, hogy továbbítsa-e őket, és ha igen, akkor melyik alhálózat felé.

Ismétlők

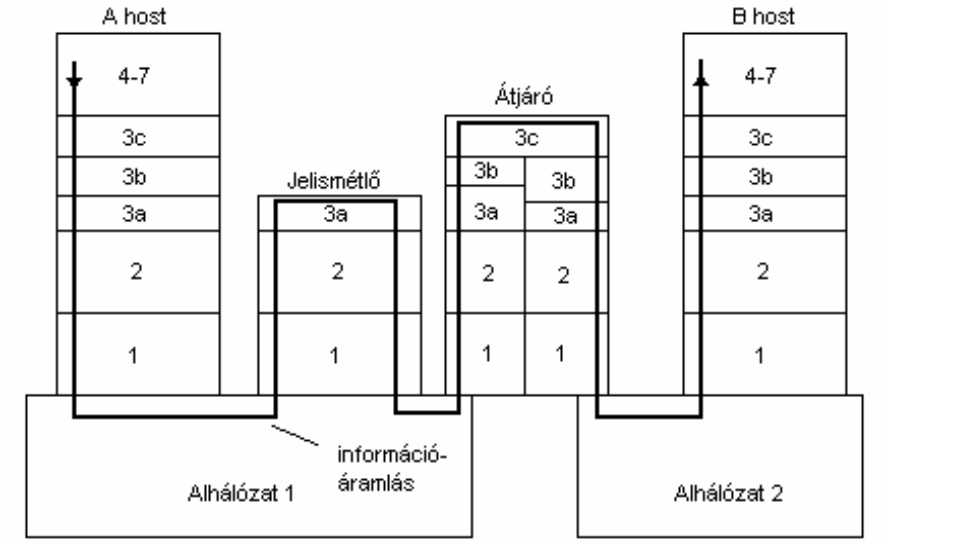
1. réteg	jelismétlő (repeater): kábelszegmensek közötti bitmásolást végez
2. réteg	hidak (bridge): LAN-ok között áramló keretek tárolását és továbbítását végzi
3. réteg	átjáró (gateway): különböző hálózatok között áramló csomagok tárolását és továbbítását végzi
4. réteg	protokoll-átalakító (protocol converter): illesztést végez a magasabb rétegekben

Jelismétlők: alacsony szintű eszközök, melyek egyszerűen csak az elektromos jelek erősítését végzik, hosszú kábelek árammeghajtását biztosítják.

Hidak: tároló és továbbító eszközök. Egy híd teljes keretet vesz, átadja az adatkapcsolati rétegnek, ami megvizsgálja az ellenőrző összeget, esetleg módosítja is a keret egyes bitjeit, majd továbbítja azt.

Átjárók: hasonlóak a hidakhoz, de képesek inkompatibilis címzési formátumú hálózatokat is összekapcsolni.

Protokoll-átalakítók: úgy alakítják át az egyik protokollt a másikba, hogy a folyamat során a protokollok a lehető legkevesebbet veszítsenek a jelentésükből. Van olyan eset is, amikor az adatok továbbítása nem lehetséges, vagy csak az adat jelentésének elvesztésével.



3a: alhálózat-hozzáférési alréteg

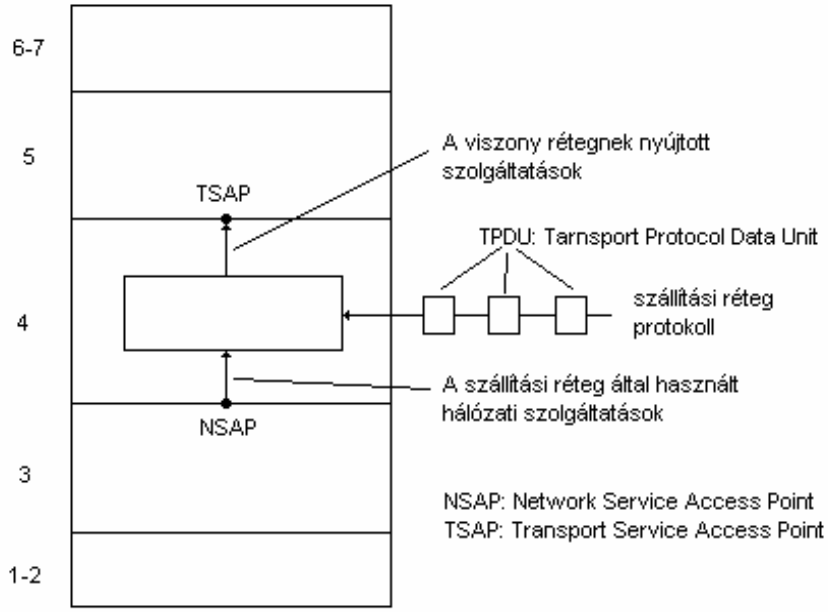
3b: alhálózat-kiterjesztési alréteg

3c: Internet alréteg

Szállítási réteg

- A szállítási réteg feladata
- Szállítási entitás fogalma, helye az OSI modellben
- QOS fogalma, jellemzése
- Opcióegyeztetés
- Hálózati szolgálattípusok
- Szállítási szolgálat osztályok

Feladata: megbízható, gazdaságos átvitelt biztosítani a forráshosttól a célhostig, függetlenül az alhálózattól.



Entitás (transport entity): a szállítási rétegen belüli hardver és/vagy szoftver, amely a munkát végzi, szállítási funkcionális elemnek is nevezzük.

Szállítási szolgálat két típusa:

- ÖKM
- ÖKA

Azért van szükség a szállítási rétegre, mert a hálózati réteg a kommunikációs alhálózat része. A kommunikációs alhálózatot a szolgáltatók működtetik. Ez főleg WAN-okban okoz problémát, LAN-okban nem, mert az alsó három és a felső négy réteget ugyanaz birtokolja. Mivel a kommunikációs alhálózatoknak más a birtokosa, ezért a felhasználóknak nincs beleszólásuk abba, hogy milyen legyen az alhálózat működése, milyen eszközök legyenek benne, milyenek legyenek a hibakeresési és forgalomszabályozási algoritmusok.

Szállítási réteg egyik szolgáltatása: ha hosszú állomány letöltése szakad meg, a hálózati rétegek kezdeményezik a kapcsolat újrafelvételét és a letöltés folytatását. A szállítási réteg észleli az elveszett vagy sérült csomagokat, és ezen hibák hatásait ellensúlyozza. A szállítási réteg teszi lehetővé, hogy a kommunikációt egy primitívhalmaz segítségével kezeljük, függetlenül az alhálózat szolgáltatásainak minőségétől. Ettől függően olyan csoportosítás is van, amely egy csoportnak tekinti az 1-4. réteget (szállítási szolgálat nyújtója, transport service provider) és az 5-7. réteget (szállítási szolgálat használója, transport service user).

A szolgálat minősége

A szállítási réteg elsődleges feladata a hálózati réteg által nyújtott tökéletlen szolgálatok minőségének javítása.

QOS (Quality Of Service): paraméterekkel jellemezhető. A paramétereknek három értékük van:

- elfogadhatatlan
- elfogadható
- kívánt/elvárt

Az összeköttetés létrehozásánál a felek egyeztetik ezeket a paramétereket, az egyeztetésnek két eredménye lehet:

- kiépül az összeköttetés
- nem épül ki (felismerik, hogy a hálózati réteg nem tudja teljesíteni az elvárásokat elfogadható szinten)

QOS paraméterek:

- összeköttetés-létesítési késleltetés (connection establishment delay): az az időmennyiség, amely a szállítási szolgálat felhasználójának összeköttetés-kérése és az arra kapott megerősítés között eltelik.
- összeköttetés-létesítési hibavalószínűség (connection establishment failure probability): annak az esélye, hogy az összeköttetés nem jön létre a maximális összeköttetés-létesítési késleltetés alatt.
  Okai:
  - torlódás
  - táblahelyek hiánya
- áteresztőképesség (throughput): a másodpercenként átvitt felhasználói adatbájtok száma egy adott időintervallumban.
  - ténylegesen mért áteresztőképesség
  - a hálózat által biztosított áteresztőképesség

  Különbség: többen is használják a hálót, a program nem tudja kihasználni a biztosítottat, stb.
- átviteli késleltetés (transmit delay): a forrásgép szállítási felhasználójának üzenetküldési és a célgép szállítási felhasználójának üzenetvételi időpontja között eltelt idő. A két irányt külön kezelik.
- megmaradó hibaarány (residual error rate): a mintavételezési periódus alatt tapasztalt sérült vagy elveszett üzeneteknek az összes üzenethez viszonyított hányada. Ennek az aránynak 0-nak kell lennie, a gyakorlatban ez egy véges kis érték.
- szállítási hibavalószínűség (transfer error probability): a megfigyelési periódusok alatti azon alkalmak egészhez viszonyított hányada, amikor az átvitel nem felel meg az egyeztetett paramétereknek.
- összeköttetés-lebontási késleltetés (connection release delay): az összeköttetés-lebontás kezdeményezésének kezdete és a másik oldali tényleges lebomlása között eltelt idő.
- összeköttetés-lebontási hibavalószínűség (connection release failure probability): az összeköttetés-lebontási kísérletek azon aránya, melyek nem fejeződnek be sikeresen az egyeztetett összeköttetés-lebontási késleltetés ideje alatt.
- védelem (protection): a szállítási réteg védelmet nyújthat a vonalkalózok (illetéktelen harmadik fél) adatokhoz való hozzáférése ellen.
- prioritás (priority): az összeköttetések közül néhány fontosabbnak jelölhető meg a többinél. Az előnye az, hogy torlódások esetén ezeket hamarabb kiszolgálják.
- rugalmasság (resilience): annak a valószínűsége, hogy maga a szállítási réteg fejezi be az összeköttetést valamilyen belső probléma vagy torlódás miatt.

Az összeköttetés létrehozásánál a felek megegyeznek a paraméterek értékeiben. ezt a folyamatot **opcióegyeztetés**nek (**option negotiation**) nevezzük. Három különböző módon jöhet létre:

1. Már a szállítási réteg felismeri, hogy a paraméterek között vannak teljesíthetetlenek, és visszautasítja a kapcsolatot (még a küldő hoston).
2. Az egyeztetés során a hívott fél visszautasítja az összeköttetés-kezdeményezést.
3. Az összeköttetés létrejön, az egyeztetett paraméterek az összeköttetés teljes időtartamára érvényesek.

A paraméterek értékében a szolgáltató és a felhasználó egyeznek meg akkor, amikor a felhasználó előfizet a szolgáltatásra.

Szállítási réteg protokoll

Két host között teremt kapcsolatot egy alhálózaton keresztül (az adatkapcsolati réteg pedig két IMP között a fizikai rétegen keresztül).
A szállítási réteg ill. a szállítási protokoll szempontjából sokkal fontosabb az, hogy milyen szolgálatot biztosít a hálózat réteg, min a hálózat valódi felépítése. Ennek megfelelően a **hálózati réteg szolgálatai**t három csoportra osztjuk (**szolgálattípusok**):

A A megsérült, elveszett, kettőzött csomagok aránya elhanyagolható. WAN-ok között gyakorlatilag nincs ilyen, LAN-ok esetén gyakran előfordul.

B Az egyedi csomagok csak ritkán vesznek el, mert az adatkapcsolati és hálózati réteg transzparens módon javítja a hibákat, viszont gyakran előfordulnak ún. N-RESET-ek (Network reset): a hálózati szolgáltatás megszakad valamilyen hardver- vagy szoftverprobléma ill. torlódás miatt. Ilyenkor az összeköttetéseket újra fel kell építeni, és az adatátvitelt folytatni az utolsó, még meg nem érkezett TPDU-val.

C Teljesen megbízhatatlan szolgálat, gyakoriak az elveszett ill. kettőzött keretek, és az N-RESET-ek. Ilyenek a datagram-WAN-ok ill. a rádiós csomagszóró szolgálatok (pl. katonai alkalmazások).

Attól függően, hogy milyen szolgálattípust tud nyújtani a hálózati réteg, az OSI-modellben több szállítási protokoll kapcsolódhat hozzá. Típusai (**szállítási szolgálat osztályok**):

- 0. osztályú (A típusú): csak az összeköttetés felépítésére és lebontására biztosít mechanizmust, semmilyen védelmi funkciót nem vállal magára.
- 1. osztályú (B típusú): ugyanaz, mint a 0. osztályú, kiegészítve az N-RESET-ből való felépülés képességével.

- 2. osztályú (A típusú): 0. osztályú, de itt egyetlen hálózati összeköttetésre két vagy több szállítási összeköttetés nyalábolható. Ez akkor előnyös, ha viszonylag nagy számú kis forgalmat lebonyolító összeköttetés van. Ilyenek a szerverhez kapcsolódó ún. buta terminálok.
- 3. osztály (B típusú): rendelkezik a nyalábolás és az N-RESET-ekből való felépülés képességével is, valamint forgalomszabályozást is alkalmaz.
- 4. osztály (C típusú): képes az elveszett, megsérült, kettőzött csomagok és az N-RESET-ek kezelésére és minden más hálózati problémából való felépülésre.

Szállítási protokoll elemei (a szállítási réteg feladatai):

- összeköttetés felépítése
- összeköttetés lebontása
- TPDU-k összeköttetéshez rendelése (nyalábolás): sorszámmal vannak ellátva, amelyből a fogadó tudja, hogy melyik szállítási összeköttetéshez tartozik
- hosszú üzenetek TPDU-kká hasítása
- összeköttetés-kérés visszautasítása
- protokollhibák kezelése (érvénytelen TPDU):
  - a TPDU-t eldobja
  - az adott szállítási összeköttetés (esetleg mind) lebomlik
- TPDU-k számozása
- sürgős adattovábbítás
- TPDU tárolása nyugtázásig
- nyalábolás
- N-RESET utáni újraszinkronizáció
- inaktivitási időzítés (holt kapcsolatok észlelésére)

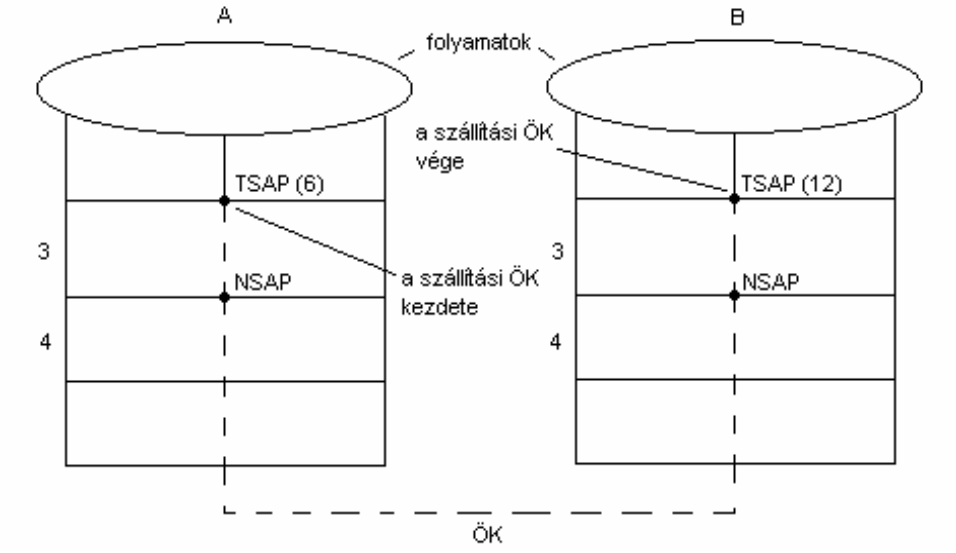
Szállítási protokollok

- Az ÖK menedzselése

1. Címzés

Amikor egy szállítási felhasználó összeköttetést akar létesíteni egy másik felhasználóval, ki kell jelölnie a kívánt távoli felhasználót. Általában szállítási szolgálatelérési pontokat (TSAP) kell azonosítani, amelyekhez a folyamatok kapcsolódni tudnak, és amelyeken keresztül kommunikálhatnak. A szállítási összeköttetés TSAP-tól TSAP-ig, a hálózati összeköttetés NSAP-tól NSAP-ig tart.
Összeköttetés felépülésének folyamata:

1. A B gépen lévő (kiszolgáló) folyamat kapcsolódik a TSAP 12-höz, és arra vár, hogy valaki felvegye vele a kapcsolatot. T-CONNECT.kérést küld a B host hálózati rétege. A B folyamatnak folyamatosan a ponthoz kell kapcsolódnia.
2. Az A gépen lévő folyamat a B-vel akar kommunikálni, ezért összeköttetés-létesítést kezdeményez, forrásként a TSAP 6-ot, célként



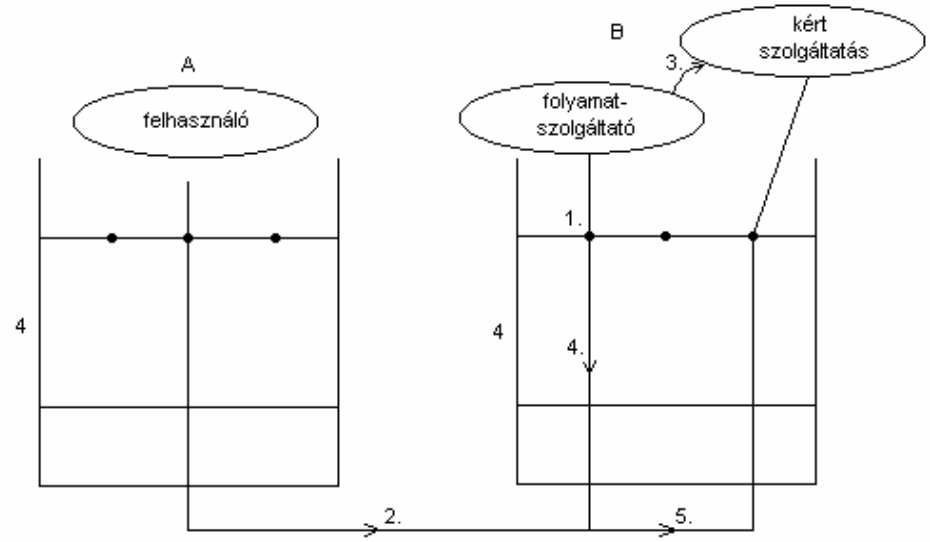
   a TSAP 12-t megjelölve (szállítási összeköttetés).
3. Az A-n lévő szállítási entitás a saját gépén és a célgépen is kiválaszt egy NSAP-ot, és összeköttetést létesít közöttük (hálózati összeköttetés).
4. A két szállítási entitás között létrejön a kapcsolat. Az A-n lévő jelzi, hogy a TSAP 12-n lévőhöz akar kapcsolódni.
5. A B-n lévő entitás megpróbál a TSAP 12-höz kötött folyamathoz kapcsolódni, ha sikerül, a szállítási összeköttetés létrejön.

Ez egy idealizált folyamat, mert az A folyamatnak tudnia kell, hogy a B gépen melyik TSAP-hoz kapcsolódjon. Ennek két módja van:

- Rögzített TSAP-címek: a szolgáltatások rögzített TSAP-címekkel rendelkeznek, melyek soha nem változnak meg. Csak kulcsfontosságú szolgáltatások számára alkalmazzák.
  Hátránya:

- túl sok szolgáltatás van, amelyeket csak ritkán használnak, ezért nem érdemes egész nap aktívnak lenniük
- a kiszolgálók csak rövid ideig léteznek, ilyenkor dinamikusan kell TSAP címet választani

- Kezdeti összeköttetés protokoll (initial connection protocol): ahelyett, hogy minden folyamat egy ismert TSAP-hoz kapcsolódva várakozna, minden egyes gép, amely szolgáltatást kínál távoli felhasználóknak, egy speciális folyamatszolgáltatóval (process server) rendelkezik. A szolgáltatások ezen keresztül érhetők el. Minden egyes felhasználó ezt a TSAP címet kapja meg. A felhasználók



összeköttetést létesítenek a folyamatszolgáltatóval. Miután az összeköttetés létrejött, a felhasználónak ki kell jelölnie a futtatni kívánt szolgáltatást, amit igénybe akar venni. A folyamatszolgáltató ezután kiválaszt egy tétlen TSAP-ot, és létrehoz egy új folyamatot, amely a kiválasztott TSAP-hoz kötődve várakozik. Végül a folyamatszolgáltató elküldi a kiválasztott TSAP címet a felhasználónak, és lebontja az összeköttetést. A felhasználó ezután kapcsolódik a folyamatszolgáltató által elküldött TSAP címhez. Ez a módszer akkor előnyös, ha a kiszolgáló programok adott időpontban létrehozhatók és futtathatók. A rögzített TSAP címek használatára névszolgáltatót (name server) használnak. Ezután minden felhasználónak csak a névszolgáltató TSAP címét kell ismerni. A TSAP címet megadja a name server, de az NSAP cím ismeretlen. Ezért minden cím, amit a name server visszaad, hierarchikus cím, egy TSAP-cím, amely egy NSAP-címet és egy portazonosítót is tartalmaz.

2. Összeköttetés létesítése

Főleg a C típusú hálózati szolgáltatásoknál jelent gondot. Akkor jelentkezik probléma, ha a hálózat csomagokat veszít el, tárol és kettőz meg. A legsúlyosabb probléma a csomagkettőzés, a késleltetett kettőzés.

A késleltetett kettőzés megelőzése:

- Eldobható TSAP címek (hálózati réteg szintjén való megvalósítás): a TSAP címet egy, az aktuális időre vonatkozó információval is ellátják, és ezt az egyedi TSAP címet eldobják, mikor az összeköttetés lebomlik.
- Összeköttetés-azonosító használata: minden egyes TPDU tartalmaz egy összeköttetés-azonosítót, amelyet a felhasználó gépe ad az összeköttetés létesítésekor. A szállítási entitások ezeket az azonosítókat táblákban tárolják. Minden egyes élő összeköttetéshez tartozik a táblában egy bejegyzés. Ha olyan TPDU érkezik, amelyhez nem tartozik a táblában bejegyzés, akkor eldobják.
  Hátránya: minden hostnak fenn kell tartania ezeket a táblákat (history information). Ha a gép elromlik, az információk elvesznek.

Az elveszett csomagok előkerülése is gondot okozhat. A késleltetett kettőzések száma csökkenthető, ha a csomagok élettartama korlátozott.

Élettartam korlátozása (globális):

1. időjelzéssel látják el a csomagokat
2. csomópontátlépések száma korlátozott
3. korlátozott alhálózat tervezés: az ismert leghosszabb útvonalhoz tartozó torlódási késleltetés korlátozott

3. Összeköttetés lebontása

A lebontást kezdeményezheti:

- a felhasználó
- a kiszolgáló
- a szállítási réteg (hiba esetén)

Minden lebontás esetén fennáll az adatvesztés esélye. Erre létezik egy megoldás: egyik félnek sem engedjük meg az összeköttetés lebontását, amíg az általa elküldött összes adatot a túloldal nem vette, ill. amíg van a túloldalon elküldendő adat. Egyik fél sem készül fel a lebontásra, amíg meg nem győződik arról, hogy a másik fél is felkészült. A gyakorlatban valamelyik fél mindig nagyobb kockázatot vállal, és lebontja a kapcsolatot.

Lebontási mechanizmusok:

- A felhasználó kezdeményezi az összeköttetés lebontását, és elindít egy időzítőt. Lehetséges esetek:
  1. A kiszolgáló veszi ezt a kérést, visszaküld egy jóváhagyást, és törli az összeköttetést.
  2. A kiszolgáló veszi a kérést, de a jóváhagyás elvész. Ilyenkor a felhasználó oldalán lejár az időzítés, és ő bontja a kapcsolatot.
  3. A felhasználó lebontási kérelme vész el. Ilyenkor n-szer újrapróbálkozik.
- Tartós passzivitás esetén az összeköttetés lebomlik (Connection Timeout).

4. Időzítés-alapú összeköttetés-menedzselés

Alapgondolata: tevékenység hiányában az összeköttetés időzítése lejár, viszont a szállítási entitás nem törli az összeköttetésre vonatkozó információkat, amíg az ahhoz összes TPDU ki nem hal a hálózatból. Amikor egy küldő TPDU-k sorozatát akarja elküldeni, létrehoz egy összeköttetés-rekordot. Ebben tárolja az elküldött TPDU-k sorszámát, a beérkezett nyugtákat, és egyéb vonatkozó információkat. Minden összeköttetés-rekordhoz tartozik egy időzítő óra is, amely minden alkalommal újraindul, amikor TPDU-t küldünk. Ha bizonyos ideig nem forgalmaztunk (az időzítés lejárt), az összeköttetés megszakad, az ÖK-rekord törlődik. A küldő és a vevő időzítési intervalluma különbözik, így a vevő előbb törli az összeköttetést.
A TPDU-folyam első tagját egy speciális bittel megjelölik, és csak akkor jön létre az ÖK-rekord a vevőben, ha az első TPDU érkezett meg. Innentől kezdve a vevő sorrendhelyesen veszi ill. dolgozza fel a TPDU-kat, bár lehetőség van pufferelésre is. Amikor a küldő fél elküld egy TPDU-t, egy órát is elindít. Ha a nyugta megérkezik, az időzítő megáll. Ha nem érkezik nyugta, az időzítés lejártával újraadja maximum n-szer. Ha egyszer sem volt sikeres, feladja.
A módszer előnyei:

- garantált a sorrendhelyes kézbesítés
- az időzítőórák beállításával az ÖK-ek automatikusan lebomlanak

5. Forgalomszabályozás és pufferelés

A fő különbség a az adatkapcsolati és a szállítási réteg forgalomszabályozása között az, hogy az IMP-knek viszonylag kevés vonaluk van, míg egy host nagy számú kimenő vonallal rendelkezik. Datagram-szolgálat esetén a küldő szállítási entitásnak pufferelnie kell a TPDU-kat az esetleges újraadás miatt, de a vevő is pufferelhet.
A pufferelésnek két oka lehet:

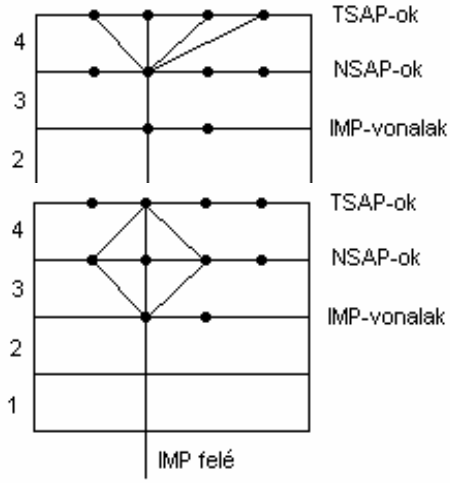
- **B** és **C** típusú hálózatoknál csomagvesztés lehetősége miatt a küldő pufferel
- **A** típusú hálózatok esetén a küldő csak azért pufferel, hogy ne árassza el adatokkal a vevőt. Ha biztosak vagyunk benne, hogy a vevőnek elegendő puffere van, a küldőnek nem kell pufferelnie.

A pufferelés módjai:

- Láncolt, rögzített méretű pufferek
  Előny: kevés puffermenedzselési információt kell tárolni
  Hátrány: rossz a memóriakihasználása
- Láncolt, változó méretű pufferek
  Előny: jobb a memóriakihasználása
  Hátrány: bonyolultabb puffermenedzselés
- Cirkuláris pufferelés: az összes TPDU egymás után helyezkedik el. Az új TPDU-k alulra kerülnek, a többi egyre feljebb halad.
  Előny: legjobb a memóriakihasználása
  Hátrány: bonyolult kezelés

Kis sávszélességű váltakozó forgalom esetén az ÖK mindkét oldalán dinamikusan érdemes pufferelni. Nagy sávszélességű, egyenletes forgalom esetén viszont jobb a vevőoldali pufferelés. Fontos alapprobléma az is, hogy az alhálózat szállítókapacitása korlátozott, vagyis a gyors küldő elárasztja a lassú hálózatot, így torlódások alakulnak ki.

6. Nyalábolás



- Felfelé nyalábolás (upward multiplexing): a szállítási réteg több szállítási összeköttetést egyetlen hálózati összeköttetést rendel. Ez általában azért történik, mert a hálózati szolgáltatók az összeköttetés ideje alapján számláznak.
- Lefelé nyalábolás (downward multiplexing): a szállítási réteg egyetlen szállítási összeköttetést több hálózati összeköttetésre képez le. Általában nagy sávszélességű vonalon történő nagy mennyiségű adat továbbításánál alkalmazzák.

7. Összeomlás utáni helyreállítás

Kritikus probléma: a TPDU-folyam továbbítása során a vevő összeomlik. Ha az adó omlik össze, szinkronizáció után folytatódik az átvitel.
A vevő összeomlása esetén, miután az újra működőképessé válik, egy egyeztetés zajlik le, mert a vevő táblái a kezdőértékeket tartalmazzák. Az összeomlás előtti helyzet visszaállítására a vevő üzenetszórásos TPDU-kat küld szét, melyben közli az összeomlás tényét, és a nyitott ÖK-ekről státuszinformációt kér. Erre kétféle válasz érkezhet:

- **S1**: egy TPDU, az utolsó, függőben van, nem érkezett nyugtakeret
- **S0**: nincs függőben lévő TPDU

A küldőnek el kell döntenie, hogy újraküldi-e az utolsó keretet, vagy nem.
A vevőben egy TPDU érkezésére két eseménynek kell végrehajtódni:

- a TPDU kimeneti folyamba írása
- nyugtaküldés

A problémát az jelenti, ha a két esemény között következett be az összeomlás.
A vevő kétféle módon programozható:

- nyugtaküldés, kiírás: a vevő elküldi a nyugtát az adónak, de hiba esetén már nem írja ki a TPDU-t, ekkor az adó S0 állapotba kerül, de így egy keret elvész
- kiírás, nyugtaküldés: a felépülés után a küldő S1 állapotba kerül, és újraküldi az utolsó TPDU-t, ami kijelzetlen kettőzött TPDU-t eredményez.

A küldő négyféleképpen programozható:

- mindig újraküldje az utolsó TPDU-t
- soha ne küldje újra az utolsó TPDU-t
- csak S0 állapotban adjon újra
- csak S1 állapotban adjon újra

A küldő és a vevő összesen 8-féleképpen programozható, de mindig előállhat olyan helyzet, amikor a helyreállítási kísérlet hibázik.
Az, hogy a nyugtaküldést és a kiírást nem lehet egyszerre elvégezni, azt eredményezi, hogy a hostösszeomlás helyreállítása a felsőbb rétegek számára nem mehet végbe transzparens módon. Az n. réteg összeomlásának következményeit csak az n+1. réteg orvosolhatja, az is csak akkor, ha elegendő státuszinformáció áll a rendelkezésére.
Igazi két vég közötti nyugtát, amelynek vétele a tevékenység végrehajtását, míg hiánya annak elmaradását jelenti, valószínűleg lehetetlen elérni.