

# **Ethernet Ismertető**

**Kovácsházy Tamás**

**BME-MIT, 1999**

## Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék.....	2
Az Ethernet története.....	3
Az Ethernet rétegszerkezete.....	5
Elméleti alapok .....	7
Az 1-perzisztens CSMA/CD.....	7
Az adatkapcsolati réteg .....	8
Az Ethernet CSMA/CD megvalósítása.....	8
Az Ethernet keretformátum.....	9
Az Ethernet címek.....	11
Kommunikáció az Etherneten .....	11
Az Ethernet kábelezési szabályai és aktív eszközei.....	13
10Base5 .....	13
10Base2.....	14
10BaseT.....	15
10BaseF-L .....	16
100BaseTX.....	16
Ismétlő (repeater vagy hub).....	17
Híd (bridge).....	18
Kapcsoló (switch).....	18
Az Ethernet teljesítőképessége.....	20
Irodalomjegyzék.....	21

## Az Ethernet története

Az Ethernet hálózati technológia története az 1970-es évek elejére nyúlik vissza, amikor a XEROX PARC kutatólaboratóriumában a számítógép irodai alkalmazásának jövőbeli irányait kutatták. A cél egy olyan komplex rendszer kiépítése volt, amely lehetővé teszi a teljesen számítógépesített dokumentum kezelés megvalósítását. A kutatás eredményeit a XEROX nem volt képes hatékonyan a piacon eladhatóvá tenni, de a személyi számítógép, a lézer printer, a grafikus felhasználói felület és az Ethernet is ennek a kutatási programnak az eredményei. A kutatások eredménye az első igazán széles körben elterjedt LAN (Local Area Network) technológia lett, amit a 1999 elején még a legpesszimistább becslések szerint is 30-50 millió végpont használ a világon.

Az Ethernet technológiát arról a képzeletbeli közegről nevezték el, amelyet a Maxwell általános elméleteinek a megjelenése előtt az elektromágneses hullámok közvetítőjének tartottak. A cél az volt, hogy az Ethernet hálózat hasonlóan szállítsa az információt az irodában elhelyezett grafikus felülettel ellátott személyi számítógépe között, valamint lehetővé tegye az akkor nagyon drága lézer printerek több felhasználó általi elérését.

Az első korai verziók 2.94 Mbps (Mbit/s) sebességű kommunikációt tettek lehetővé egy maximum 1 km hosszú koaxiális kábelre felfűzött állomások között. Az állomások száma maximum 100 volt. A korai Ethernet lokális hálózatokon az összes állomás egyetlen üzenetszórásos (broadcast) kommunikációs közegre kapcsolódik, amely egy **koaxiális kábel**. Ennek megfelelően az **Ethernet busz topológiájú**. A közegen maximum egy állomás adhat, viszont az összes képes venni az adott információt. A rendszerben az adásra készülő állomások az adásra jogosult állomást egy elosztott, versengéses algoritmussal, az úgynevezett 1-perzisztens **CSMA/CD**-vel választja ki.

Az üzenetszórásos közeg alkalmazását a telepítés költségeinek alacsonyan tartása indokolja, a CSMA/CD pedig egyszerűsége és elosztott volta miatt mint megvalósíthatóság, mint hibatűrés szempontjából jó megoldás volt. Az egész megvalósítást az 1970-es években jellemző hardver és szoftver által adott lehetőségek korlátozták. Az Ethernet már ebben a korai formájában is rendkívül sikeres volt, de széleskörű elterjedéséhez szükség volt a szabványosítására.

Számos számítástechnikai cég együtt definiálták a 10Mbps adatátviteli sebességű **Ethernet szabványt** 1980-ban, valamint ezzel párhuzamosan az IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) ugyan ezen cégekkel együttműködve létrehozta az **IEEE 802.3 szabványt**. A két szabvány között kis eltérés van, de az eszközök mindkét szabványt megvalósítják. Az IEEE szabványosítási folyamat 1983-ben zárult le. A szabvány definiálja az úgynevezett “vastag” Ethernet-et, jelölése **10Base5**, több más széles körben soha el nem terjedt kábelezési technológiával együtt. A vastag Ethernet-et ma már nagyon kevés helyen alkalmazzák.

A 10Base5 drága és nehezen használható, ezért 1984-ben szabványban jelent meg, a 10Base5-nál lényegesen olcsóbb és könnyebben kezelhető “vékony” Ethernet, amelynek jelölése **10Base2**. Ez a szabvány kisebb távolságok áthidalását teszi lehetővé, és a gyakorlati alkalmazása során sok probléma merült fel a menedzselhetőségével és a

megbízhatóságával. Ugyanakkor kedvező ára, könnyű telepíthetősége és flexibilitása miatt széles körben elterjedt.

A kábelezési technológia fejlődésével egyre nagyobb teret nyertek a korábban csupán beszédátvitelre használt csavart érpárok adatátviteli célú alkalmazása. A **csavart érpárt** használó rendszerek csillag topológiájúak, nem üzenetszórásos hanem pont-pont kommunikációt tesznek lehetővé. A csillag közepében egy aktív elem található, amely a csillag ágain elhelyezett végpontoktól veszi és eljuttatja az információt, ezt gyakran HUB-nak nevezzük. 1990-ben jelent meg a **Category 3** minőségű csavart érpár közeget használó **10BaseT**.

Az optikai kábelek megjelenésével párhuzamosan kezdődött az **optikai kábeles** Ethernet szabványok kidolgozása. A szabványosítási folyamat 1993-ban zárult le három eltérő célokat szolgáló optikai kábelt használó Ethernet szabvány kidolgozásával, jelölésük **10BaseF-P**, **10BaseF-B** és **10BaseF-L**. A szabványosítási folyamat az optikai kábeles Ethernet esetén nagyon hosszúra nyúlt, így a gyártók hosszú ideig mások eszközeivel nem kompatibilis eszközöket árultak.

Az 1990-es évek elején a 10Mbps adatátviteli sebesség már sok esetben nem volt elégséges. Ennek megfelelően 1994-ben megjelent a **Category 5** minőségű csavart érpárt használó **100BaseTX** és az **optikai kábelt** használó **100BaseF** szabványok. A nagyobb sávszélességű hálózatrészeket speciális aktív eszközök kapcsolhatják össze a 10Mbps sebességű részekkel. A 100Mbps-re képes eszközök automatikusan érzékelik azt, hogy milyen sebességű hálózatra kapcsolódnak, és ennek megfelelő sebességgel próbálnak kommunikálni (**autosense funkció**).

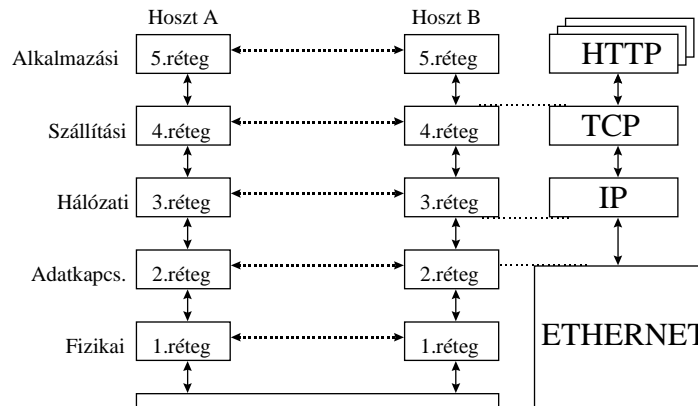
A 100Mbps sebesség napjainkban képes kielégíteni a legtöbb felhasználó és a szerverek igényeit, de egyes nagykapacitású szerverek, valamint a gerinc kapcsolatok esetén még ez a sebesség sem elégséges. Ennek a problémának a megoldására dolgozták ki a **1000Mbps** sebességű Ethernet hálózatokat. Az optikai közegen **1000BaseSX** szabvány 1998-ban jelent meg. Jelenleg dolgoznak a **1000BaseT** szabványon, amely **Category 5** csavart érpárt használó kábelezésen teszi majd lehetővé az 1000Mbps sebességű kommunikációt.

Az optikai és a csavart érpárokat használó Ethernet szabványok valójában külön kábelt alkalmaznak az adásra és a vételre, az alkalmazott aktív eszközök valósítják meg az "üzenetszórásos" működést ezzel biztosítva a korábbi rendszerekkel való kompatibilitást. Más aktív eszközöket alkalmazva lehetséges valódi **full-duplex kapcsolat** létrehozni ezeket a közegeket alkalmazva, azaz külön 10, 100 vagy 1000Mbps lehet adni és vele párhuzamosan venni.

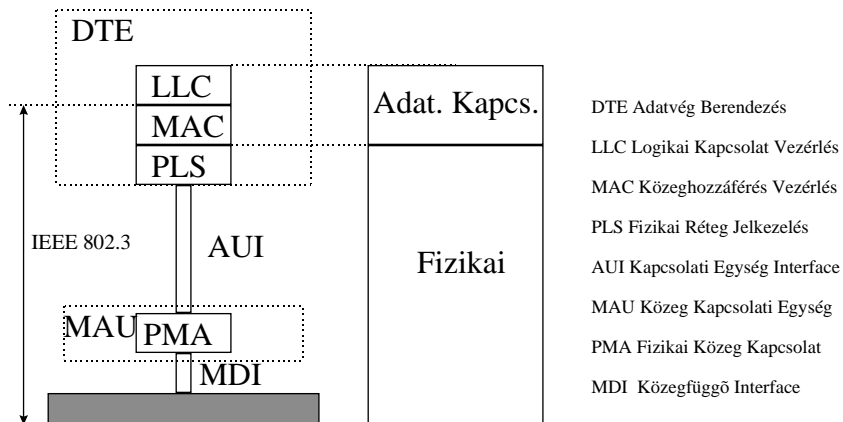
A 1000Mbps sebességnél nagyobb sebességek elérését az úgynevezett kapcsolat egyesítés (**Link Aggregation**) teszi lehetővé, amely jelenleg a szabványosítás fázisában van. A kapcsolat egyesítés során a végpont és az aktív eszköz között több párhuzamos 10, 100 vagy 1000Mbps sebességű full-duplex Ethernet kapcsolat áll fenn. természetesen az összes kapcsolatnak azonos sebességűnek kell lennie. Ezeket a rendszer párhuzamosan használja, így a rendelkezésre álló sávszélesség összeadódik. Ha valamelyik kapcsolat meghibásodik, akkor a még rendelkezésre álló vonalakat használja a rendszer, azokra automatikusan átirányítja a forgalmat, ezzel növelve a megbízhatóságot.

## Az Ethernet rétegszerkezete

A számítógép hálózatok **réteges szerkezetűek**. A különböző modellekben változó számú réteg található. Ma már csak elméleti szempontból bír jelentőséggel az **ISO-OSI 7 rétegű modellje**, mivel az ezen alapuló OSI alapú számítógép hálózatok nem terjedtek el a gyakorlatban. Sokkal megfelelőbb modell a napjainkban egyeduralmukodóvá váló **TCP/IP** világot is figyelembe vevő 5 rétegű modell, lásd 1. ábra. Ez a modell az OSI modell 5. és 6. rétegét, amelyek a viszony és a megjelenítési réteg nevet viselték, hagyja figyelmen kívül.



1. ábra A számítógép hálózatok réteges modellje és az Ethernet



2. ábra Az Ethernet rétegei

Napjainkban a legelterjedtebb felsőbb rétegbeli protokoll család a TCP/IP. Ez képes mint az Ethernet, mint az IEEE 802.3 szabványt implementáló eszközök felett működni, de a gyakorlatban az Ethernet szabvány alkalmazása az egyeduralmukodó. Ebben az ismertetőben a továbbiakban az Ethernet együttesen jelenti az Ethernet és az IEEE 802.3 szerinti

hálózatokat is, hacsak az eltérő tárgyalás szükségességéről, az említendő különbségekről explicit módon nem utalunk.

Az Ethernet hálózat a **fizikai és az adatkapcsolati réteget valósítja meg**, és a felsőbb rétegek megvalósítását nem célozza meg. Ez a szétválasztás megfelel a hardver és szoftver határnak is. Az Ethernet rétegei hardverben vannak implementálva, míg a felsőbb rétegek szinte kivétel nélkül szoftveres úton kerülnek megvalósításra. Az Ethernet maga is réteges szerkezetű, rétegei a 2. ábrán kerülnek bemutatásra.

Az összefüggő kábel szakaszokat **szegmens**nek nevezzük. Egy konkrét Ethernet LAN azon részét, amely a fizikai réteg szintjén van összekötve - azaz kábelszegmensekkel és fizikai szintű aktív eszközökkel, az úgynevezett ismétlőkkel (repeater) - **ütközési zónának** nevezzük. Egy nagy forgalmú vagy nagy kiterjedésű ütközési zóna adatkapcsolati réteg szintű Ethernet aktív eszközökkel - az úgynevezett hidakkal (bridge) - vagy más magasabb hálózati rétegben elhelyezkedő aktív eszközzel darabolható fel igény szerint. Az ismétlők és a hidak külön fejezetben kerülnek bemutatásra.

A 10Base5 esetén és a korai más 10Mbps sebességet lehetővé tevő fizikai réteget használó eszközökön a MAC és PLS réteg került implementálásra, és az **AUI interface** szolgált az alsóbb rétegeket megvalósító részek csatlakoztatására egy 15 pólusú D csatlakozó formájában. Ehhez csatlakozott az úgynevezett **AUI kábel**, amelynek a hossza 0.5 és 50 méter között lehetett. Az AUI kábel másik vége csatlakozott a MAU-hoz, amit gyakran **transceiver**nek is nevezünk, szintén egy 15 pólusú D csatlakozón keresztül. Az úgynevezett **mikró-transceiver**ek közvetlenül csatlakoztathatók az eszközökön található AUI csatlakozóhoz kis méretük miatt.

Később az AUI interface mellett megjelentek a koaxiális kábel, optikai kábel vagy csavart érpár csatlakoztatására szolgáló **MDI interface**-ek is az eszközökön. Egy kapcsolóval lehet vagy software-es úton lehet váltani a két interface között. Az újabb eszközök már csak az MDI interfaceket tartalmazzák, esetleg többet is, amelyek között software-es úton lehet választani, vagy a váltás automatikusan történik a kapcsolat meglétének érzékelésével.

## Elméleti alapok

### Az 1-perzisztens CSMA/CD

Az Ethernet egy 1-perzisztens **CSMA/CD** algoritmust használva teszi lehetővé az adni kívánó állomások számára az adási jog megszerzését. Az algoritmus **elosztott**, azaz minden egyes adni kívánó állomás autonóm úton maga dönti el a közegben zajló kommunikáció alapján, hogy mikor adhat, ha adni kíván.

A CSMA/CD az angol “**Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection**” rövidítésből származik, amelynek magyar jelentése “**vivő figyelés alapú többszörös hozzáférés ütközés érzékeléssel**”.

Az 1-perzisztencia azt jelenti, hogy az adni kívánó állomás azonnal adást kezdeményez ha a csatorna szabad. Az általánosabb p-perzisztens algoritmusok még ekkor sem adnak, hanem csupán p valószínűséggel fognak adni, majd egy adott ideig várakoznak és újra próbálkoznak. Ezzel csökken a kommunikáció során felgyülemelő állomások ütközési valószínűsége és javul a csatorna kihasználtság nagy forgalom esetén, de romlik az átlagos késleltetés kis forgalom esetén.

Az algoritmus működésénél figyelembe kell vennünk azt, hogy **a közegben a jelek terjedési sebessége véges**, azt körülbelül 200.000.000 m/s sebességűnek becsülhetjük. Ez azt jelenti, hogy egy 10Mbps sebességű Ethernet hálózaton 20 méterre találhatók egymástól az egymást követő bitek, a 100Mbps sebességű hálózaton már csak körülbelül 2 méterre.

Az algoritmus az alábbi:

1. Az adni kívánó állomás figyel a közeget, ha azon adás folyik akkor kivárja annak végét, ez a vivő érzékelés (carrier sense).
2. Ha a közegen adás nem folyik, akkor az állomás adni kezd. Ebből következően a közeget párhuzamosan több állomás kezdheti el használni, ezzel teljesen lehetetlenné téve a kommunikációt, ezt az eseményt ütközésnek nevezzük. Ezt az adó állomások érzékelik, ez az ütközés érzékelés (collision detect).
3. Ha a teljes közegbe eljutott egy adó állomás vivője anélkül hogy más állomások adni kezdenének, akkor a kérdéses állomás megszerezte a csatorna használati jogát.
4. Ha ütközés történt, akkor az adó állomások befejezik az adást. Ez után egy a CSMA/CD algoritmusban nem definiált algoritmus szerint az állomások újra kezdik a folyamatot.

Nagyon fontos felhívni a figyelmet arra, hogy még ha a kérdéses állomás úgy is érzi, hogy nem adnak, akkor is a közeg fizikai kiterjedtségéből következően más állomások már adhatnak, csupán az azok vivője még nem jutott el a kérdéses állomáshoz. Tehát nagyon fontos a hálózat fizikai kiterjedésének, és az abban uralkodó jelterjedési viszonyok vizsgálata. Lényegben mint később látni fogjuk a **késleltetési viszonyok** azok, amik meghatározzák például a szintén CSMA/CD-ét használó Ethernet hálózatok teljesítményét.

## Az adatkapcsolati réteg

Az Ethernet hálózatok adatkapcsolati rétegbeli része a **MAC réteg** (Media Access Control), amely magyarul közeghozzáférés vezérlési rétegnek fordítható. A MAC réteg végzi a keretképzést és implementálja a CSMA/CD algoritmus Ethernet által megvalósított verzióját. A MAC réteg a különböző fizikai közeget használó Ethernet hálózatokon azonos.

## Az Ethernet CSMA/CD megvalósítása

Adott kiterjedésű hálózaton a használható keretek méretét a CSMA/CD algoritmus használata esetén a hálózat fizikai kiterjedése határozza meg. Feltételezve hogy az adni kívánó állomások éppen a maximális távolságra vannak egymástól - egyik például a koaxiális kábel egyik, a másik a másik végén - akkor a biztos ütközés érzékeléshez a kábelben az egyik végtől a másik végig mérhető jelterjedési idő kétszeresénél hosszabbnak kell lenniük a kereteknek.

Tételezzük fel, hogy az egyik állomás adni kezd, pont mielőtt annak a jele elérne a másik végre, a másik állomáshoz, az is adni kezd, ezt megteheti mert még éppen nem érzékelte a felé közeledő vivőt a közegen. Ekkor a másik állomás jele a korábban adóhoz éppen a jelkésleltetési ideig fog szintén utazni. Ha ennek a jelnek a megérkezése előtt az első állomás abbahagyja az adást, nem képes érzékelni az ütközést. Tehát biztosítani kell azt, hogy a legrosszabb esetben mérhető jelterjedési idő kétszeresénél nagyobb legyen a minimális kerethossz, ezzel biztosítva az ütközés érzékelést.

Az Ethernet 10Mbps sebességű koaxiális kábeles megvalósításában egy bit elküldése 100ns időt vesz igénybe. A bitek elküldésére az ön-órajelező Manchester kódolást használják, a közegre áramot kényszerítenek és rajta feszültséget mérnek, az ütköző állomások áramai összeadódnak, az állandó közeg impedancián így ejtett nagyobb feszültség teszi lehetővé az ütközés érzékelést. A minimális keret éppen 512 bit hosszú, tehát a legrövidebb keret elküldéséhez szükséges idő 51.2 $\mu$ s. Ezt az időt az Ethernet környezetben **slot időnek** hívják.

Az ütközés biztos érzékeléséhez az ütközés érzékelés után az adó nem hagyja azonnal abba az adást, ha 96 bitnél kevesebbet adott, hanem elküldi az első 96 bitet. Ezzel jól érzékelhető ütközés jelet generál a közegben.

Ha ütközés történt, akkor a kettő vagy több ütköző állomás újbóli ütközésének a valószínűségét minimalizálni kell, az erre a célra alkalmazott algoritmust a CSMA/CD nem definiálja. Az Ethernet erre a célra a **bináris exponenciális visszatartás** algoritmust használja (**binary exponential back-off**). Az algoritmus a 51.2 $\mu$ s nagyságú slot időt használja, mint időegység. Az ütközések után az állomások 9.6 $\mu$ s ideig várakoznak, ez a **keretek közötti várakozási idő**. Az ütközés után az állomások 0 és  $2^i-1$  tartományban véletlen számot választanak, ahol  $i$  az egymás utáni ütközések száma. Majd a kapott véletlen számot megszorozzák a slot idővel, és az így kapott ideig várakoznak. A 10 ütközés után már mindig csak 0 és 1023 tartományban generálnak véletlen számot, és a



16 próbálkozás után a felsőbb rétegeknek hibaüzenettel jelzik azt, hogy nem volt képesek a kereteket elküldeni.

A fentiek miatt az Ethernet **nem-determinisztikusnak** mondjuk, ami azt jelenti, hogy a hálózaton egy adott keret továbbítási idejére nem tudunk felső korlátot adni. A nem-determinisztikus tulajdonsága az Ethernet annál karakterisztikusabban jelentkezik, minél több állomás kíván adni egy ütközési zónában, súlyos túlterhelés esetén az Ethernet összeomolhat, mivel a versengéses időszak teljesen felemészti az adatátvitelre rendelkezésre álló időt.

A csavart érpárt és optikai kábelt használó Ethernet esetén lehetőség van full-duplex kommunikációra, amely a CSMA/CD teljes elhagyását jelenti. Ekkor pont-pont kapcsolatok alakulnak ki, nem lehetséges ütközés sem. A pont-pont kapcsolatok között az adatkapcsolati rétegben elhelyezkedő sokportos hidak, az úgynevezett kapcsolók (switch) végzik a csomagok továbbítását.

### Az Ethernet keretformátum

Az Ethernet hálózaton az elküldendő információt keretekké kell feldarabolni. Az elküldendő információ adó oldalon történő szétdarabolását, majd a vevő oldalon összeállítását az Ethernet a felsőbb rétegekre bízta. Az átvitel során bekövetkező hibák kijavítását az Ethernet szintén nem vállalja fel, csupán ellenőrző összeggel védi a kereteket az azokban zajok vagy zavarok miatt esetleg megjelenő hibák ellen. Ez azt jelenti, hogy az Ethernet lényegében egy összeköttetés mentes nem megbízható kommunikációs csatornának tekinthető. A kerettel az Ethernet MAC rétege foglalkozik, lásd 2. ábra.

Az Ethernet szabvány kidolgozásának idejében nem volt olyan egyértelmű az, hogy a byte 8 bitet jelent, így a szabványban a 8 bites információ egységet **oktett** néven hivatkoznak. A keret mezőit mindig egész oktett hosszúak. A 3. ábrán megfigyelhetők a keret mezői.

Preamble	SF	Célcím	Forráscím	T/L	Adat	CS
----------	----	--------	-----------	-----	------	----

Megjelölés	Név	Hossz octett-ben
Preamble	Előtag	7
SF	Keretkezdet határoló	1
Célcím	Célcím	6
Forráscím	Forráscím	6
T/L	Típus (Ethernet) Adatmező Hossz (IEEE 802.3)	2
Adat	Adat (Hasznos teher)	46-1500
CS	Ellenőrző összeg	4

**3. ábra IEEE 802.3 / Ethernet keretformátum**

Mindenképpen meg kell említeni azt, hogy az **előtag és a keretkezdet határoló** nem része a MAC réteg keretnek. Az előtag lehetővé teszi a vevő állomások számára, hogy szinkronizálódjanak az adóhoz, a 7 oktett elégséges ahhoz, hogy a vevő a keretkezdet határoló oktett megérkezésekor már azt biztosan érzékelje. Az előtag után a keretkezdet határoló oktett utolsó bit párja eltér a korábbi jelzéstől, amivel el lehet indítani a keret vételét.

A **cél cím** az első mező a MAC keretben, ezért már a keret első 6 oktettjének megérkezése után az azt vevők döntést tudnak hozni a keret további kezelését illetően. Az Ethernet címeket a következő alfejezetben ismertetjük. A cél cím ismeretében egy hálózati kártya dönteni tud arról, hogy a keretet továbbítja-e a felsőbb rétegeknek, vagy figyelmen kívül hagyja. Hasonlóan a cél cím alapján tudnak dönteni az adatkapcsolati rétegben elhelyezkedő aktív eszközök a keret továbbításáról.

A **forrás cím** lehetővé teszi az adó azonosítását, amelyet elsősorban a az adatkapcsolati rétegben elhelyezkedő aktív eszközök használnak a hálózat topológiájának megtanulására, de egyes protokollok szintén kihasználják a keretben megkapott forrás címet a válasz küldésére.

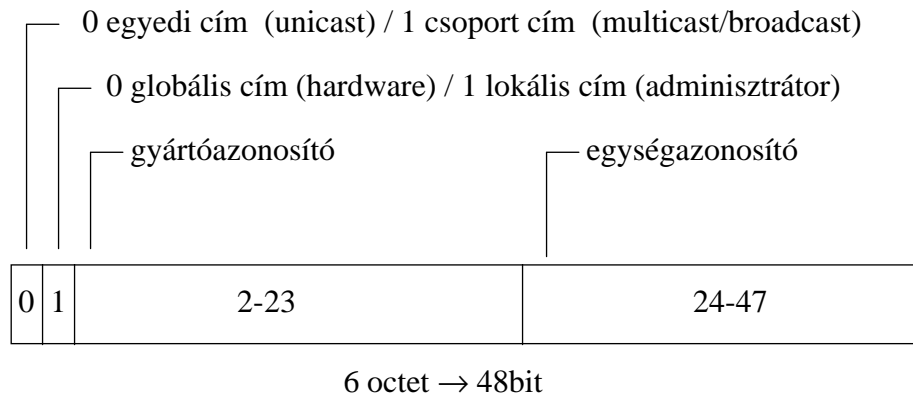
A **típus mező** az Ethernet szabvány szerinti keretekben a keret típusát adja meg, külön típusnak minősül például az IP, ARP, IPX és más protokollok. Ugyan ez a mező az IEEE 802.3 szerint a **keret hosszát** adja meg. Egyben ez a mező különbözteti meg az Ethernet szabvány szerinti és az IEEE 802.3 szerinti kereteket. Ha a típus/hossz mező 46 és 1500 (600H) között van, akkor IEEE 802.3 keretről van szó, ha a keret mező 600H-nál nagyobb akkor Ethernet keretről van szó.

Az adat, ami lényegében a **hasznos teher**, 46 és 1500 okett közötti méretű lehet. Ha 46 oktettnél kevesebb adatot kell elküldeni, akkor azt kiegészítik 46 oktettre, így biztosítva a CSMA/CD működőképességét.

A keret végén található a 4 oktett hosszú **ellenőrző összeg**, ami lehetővé teszi a keret továbbítása során megjelenő bithibák felismerését a vevő oldalon. Ez a hibavédelem legtöbbször nem elégséges, ezért a magasabb protokollrétegek maguk is ellenőrző összegeket helyeznek el a saját fejrészeiben.

## Az Ethernet címek

Az Ethernet hálózaton minden kommunikálni kívánó eszköznek **egyedi Ethernet címmel** kell rendelkeznie. A cím a 4. ábra szerinti szerkezetű és 6 oktett hosszú.



Cím megadás : 00:00:C0:25:8D:54 (SMC gyártású)

Broadcast cím : FF:FF:FF:FF:FF:FF

### 4. ábra Az Ethernet címek szerkezete

A cím első két bitje speciális jelentésű. A 0.bit jelzi azt, **hogy egyedi címről vagy többes címzésről** van szó. Ha az összes bit 1-es, akkor az a broadcast cím, vagy a maradék 47 bitet felhasználva multicast csoportokat hozhatunk létre. Az 1. bit azt jelzi, hogy az adott cím a kártya gyártója által adott **egyedi hardware cím**, vagy a rendszer adminisztrátor által kiadott **helyi egyedi cím**. Néhány rendszer, így például a DECNET, kihasználva ezt a lehetőséget átírja a kártya címét egy helyi címre, amelynek az egyediségéről a rendszeradminisztrátornak magának kell gondoskodnia.

Ez ezután következő 22 bit hosszú mező a **gyártót azonosítja**, minden egyes gyártó igényelhet címtartományokat, és ezeket köteles használni. Így azonosítható a gyártó egy keretet megfigyelve a hálózaton csupán a forráscím ismeretében, valamint ez a módszer egyszerűsíti a hardware címek egyediségének a biztosítását. Végül az utolsó 24 bit a gyártó által adott egyedi cím.

## Kommunikáció az Etherneten

A CSMA/CD ismertetésénél bemutattuk, hogy hogyan kerül a keret a közegre, de nem beszéltünk arról, hogy mit tesznek a vevők. Mivel az Ethernet **üzენetszórásos elven** működik, ezért minden egyes állomás, ami egy ütközési zónában található minden egyes abban a zónában elküldött bitet vesz a hálózatról, azokból összeállítja a keretet, attól függetlenül, hogy a keret szenvedett-e ütközést vagy nem, elküldi azokat a MAC rétegnek. Ez egyben rendkívül hasznos, mert lehetővé teszi a hálózat rendszeradminisztrátor általi kimerítő vizsgálatát egy speciális analízátor software

segítségével, ugyanakkor lehetővé teszi a rosszindulatú felhasználók számára az ütközési zónában folyó kommunikáció lehallgatását.

Ezek után a MAC rétegnek vizsgálnia kell a keret épségét, azt hogy annak az ellenőrző összege megfelel a keret ellenőrző összeg mezőjében található számmal, valamint azt, hogy a keret mérete megfelelő volt-e. A méret szempontjából kétféle probléma állhat fenn, az egyik a túl kicsi vagy túl hosszú keretek esete, a másik az oktetten nem egész hosszúságú keretek esete. Az így hibásnak tartott kereteket a MAC réteg eldobja. Azok a keretek, amelyek ütközést szenvedtek rövid keretként jelennek meg ebből a szempontból, és szintén eldobásra kerülnek. Ha az ütközési zóna kiterjedése túl nagy, és ezért a slot időn kívüli ütközések jelennek meg, akkor azok ellenőrző összege lesz hibás.

Ha a keretek megfelelőek, akkor a rendszer a cél cím alapján hoz döntést arról, hogy az adott keretet el kell-e juttatni a felsőbb rétegeknek. Ha a cél cím egyedi cím, akkor csak akkor jut el a keret a felsőbb rétegekhez, ha az éppen az adott eszköz egyedi hardware vagy rendszer adminisztrátor által adott címe. A multicast címek esetén a rendszer több multicast csoportba tartozónak tarthatja magát, és ha a cél cím egy olyan multicast címet ad meg, ami megfelel az egyik ilyen nyilván tartott címnek, akkor a csomag eljuttatásra kerül a felsőbb rétegekhez. Ha a cím broadcast cím, akkor a keret mindenképpen elkerül a felsőbb rétegekhez.

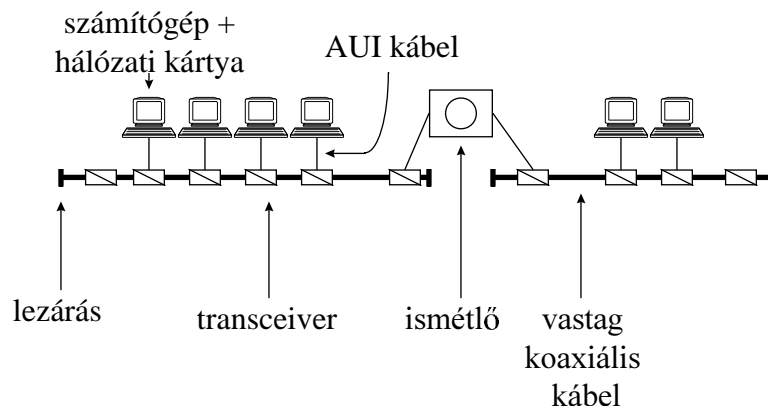
Az IEEE 802.3 MAC réteg felett az LLC réteg található, amelyet az IEEE 802.2 definiál. Az IEEE 802.3 szerint érkező keretek adat részének elejében lévő LLC fejrész alapján dönt a rendszer a keret további feldolgozásáról. Az Ethernet keretek esetén a típus/hossz mező alapján hoz a rendszer döntést arról, hogy milyen software végzi a további feldolgozást.

## Az Ethernet kábelezési szabályai és aktív eszközei

Ebben az ismertetőben csupán a mérések során használt Ethernet fizikai közegek kialakítása során alkalmazandó kábelezési szabályokat ismertetjük, valamint az aktív eszközöket és azok tulajdonságait ismertetjük. Az ismertetett szabályok megfelelő alkatrészeket használva nagy megbízhatóságú hálózat kiépítését teszik lehetővé biztosítva a rendszerben maximálisan létrejövő terjedési idők kétszeresének a slot idő alatti tartását. Ettől kis mértékben el lehet térni, de a hálózat működése akkor nem garantált. Az egyes alkatrészek pontos késleltetésének és jelcsillapításának az ismeretében más hálózat is kialakítható, de nem ajánlott ez az eljárás.

### 10Base5

A 10Base5 szabvány, vagy más néven a vastag Ethernet, egy meglehetősen **vastag koaxiális kábelt** használ fizikai közegként, ebből is származik a neve. A 10Base5 hálózat elemei a 5. ábrán figyelhetők meg. A kábelben megszakítások nem lehetnek, annak egyetlen darabból kell állnia. A kábel hullámimpedanciája  $50\Omega$ , ennek megfelelően a káros visszaverődések elkerülésére a kábel végeken  $50\Omega$ -os **lezáró ellenállással** kell lezárni. Ezek után kérdésként merül fel, hogy a kábel megbontása nélkül hogyan lehet arra állomásokat csatlakoztatni.



5. ábra 10Base5 hálózati példa

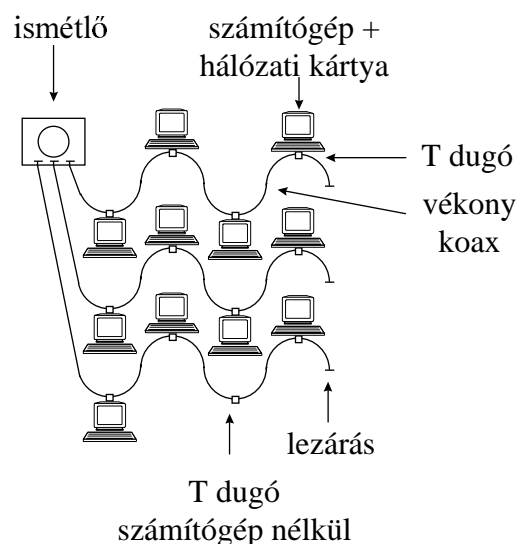
A vastag kábel éppen azért vált szükségessé, hogy speciális szerszámot alkalmazva az megfúrható legyen. Az így kialakított furatot felhasználva érhető el a belső ér az úgynevezett **vámpír csatlakozó** felszerelésével, a vastag kábelben haladó belső ér is meglehetősen vastag, ebbe mintegy beleszűrődik a vámpír csatlakozó. Az árnyékoló harisnya a vámpír csatlakozó rövidebb érintkezői szűrődnek be a külső szigetelésen keresztül. A speciális kábelben jelölve vannak azok a pontok, ahová egy vámpír csatlakozó szerelhető, ezek a pontok egymástól 2m távolságra vannak. Mivel így egy szoba egyik oldalán végig futó kábelhez csupán kis számú állomás lenne csatlakoztatható, úgynevezett **fan-out egységek** lehetővé tették több egység csatlakoztatását egy

megcsapolási ponthoz AUI kábelek használatával. A transceiver nagy impedanciás terhelést jelent a kábelben.

A 10Base5 koaxiális kábel maximális hossza **500m**. Bármely két állomás között **maximálisan 4 ismétlő** lehet, így közel 2500m hidalható át (5 10Base5 szegmens és köztük 4 ismétlő). Egy szegmensen maximálisan **100 csatlakozási pont** alakítható ki. Ezen kívül a kábel minimális **hajlítási sugara 25.4 centiméter**, ami szintén korlátozza a szerelhetőséget.

## 10Base2

A 10Base2 szabványban egy más célokra is használt  $50\Omega$ -os vékony koaxiális kábelt használnak. Itt szintén szükség van a szegmens végén az  $50\Omega$ -os lezárásra a hullámimpedanciától eltérő lezárásból származó visszaverődések elkerülése miatt. Az állomások csatlakoztatására **BNC T dugók** szolgálnak, a T dugó szárán található csatlakozó szolgál az állomás csatlakoztatására, a kábel darabokon pedig BNC dugók vannak. Ennek megfelelően a szegmens rövid - minimum 0.5 méter - hosszú kábeldarabokból és az azokat összekötő T dugókból áll, lásd 6. ábra. Az állomások a 10Base5-hoz hasonlóan nagy impedanciás terhelésként jelennek meg a hálózaton.



**6. ábra 10Base2 hálózati példa**

Az összes hossza az így összekötött kábeleknak **185 méter** alatt kell maradnia. A megengedett **hajlítási sugár 5 cm**. A kábelben **nem alakítható ki elágazás**. Maximum **30 állomás** csatlakoztatható egy szegmensre. A szabvány nem engedi meg, hogy ismétlőkön keresztül egy 10Base2 szegmenssel kapcsoljunk össze 10Base5 szegmenseket, de szintén **4 ismétlő** lehet két szegmens között maximum.

A 10Base2 rendszer fő problémája az **alacsony megbízhatóság** és a **menedzselhetetlenség**. Az alacsony megbízhatósága abból származik, hogy minden egyes végpont 2 csatlakozási ponttal, a BNC dugó és a T dugó között, valamint 2 kábel és

a BNC csatlakozó kötéssel járul hozzá a rendszerhez, valamint a fali csatlakozások is hasonló számú kötést igényelnek, minden egyes ilyen pont egy hibaforrás, és ezek bármelyikének a meghibásodása a rendszer teljes használhatatlanságához vezet. Egy szegmensen 30 számítógép csatlakoztatása esetén 200-nál is több csatlakozási pont van. A menedzselhetetlenség abból származik, hogy a felhasználók maguk képesek a hálózatra új végpontokat csatlakoztatni vagy levenni, maguk képesek az alkalmazott kábelek helyett hosszabbat beiktatni. Gyakori az, hogy a telepítéskor a szabványnak megfelelő hálózat hossza néhány hónap alatt a megengedett hossz többszörösére nő, és az egy szegmensre csatlakoztatott állomások száma sem tartható kézben, ennek következtében a hálózat megbízhatatlanná válik, esetleg összeomlik.

## 10BaseT

A 10Base2 hibáinak kiküszöbölésére került kifejlesztésre a **Category 3** minőségű csavart érpárt használó 10BaseT Ethernet szabvány. A Category 3 csavart érpár (**UTP**, Unshielded Twisted Pair) 4 érpárt tartalmaz, amiből **2 párat használ** a 10BaseT szabvány, az egyik ág szolgál adásra, a másik vételre. A nem használt 2 érpárt egyes esetekben telefon vagy más összeköttetési igény kiszolgálására használják fel, bár ez nem szabványos.

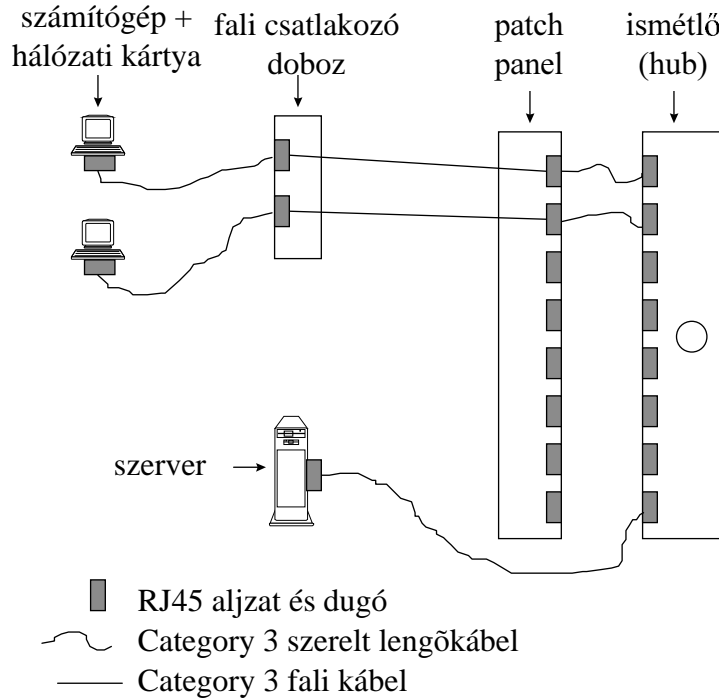
A végpont és az aktív eszköz, vagy az aktív eszközök közötti kábel maximálisan 100 méter hosszú lehet. A **100 méteres** hosszából 10 méter juthat a 2 lengő kábelre (patch kábel), és 90 méter a merev fali kábelre. Ennek megfelelően maximum 4 **RJ45** típusú aljzat és 4 RJ45 dugó lehet a kábelen, egy aljzat található az egyik kábelvégen lévő aktív eszközön, egy másik a másik végen, valamint 2 aljzat található a fali kábel két végen. A 4 dugó a 2 lengőkábel végein található. A 7. ábrán a kialakuló kábelezés figyelhető meg, a **patch panel** és az aktív eszközök a rendező szobában találhatóak, amely legtöbbször a szerverek elhelyezésére is szolgál.

A csavart érpár adás és vevő ágát valahol a két végpont között **meg kell cserélni**, ez szabványosan az aktív eszközök feladata, amelyet egy **X** jelzéssel jelölnek. Az alkalmazott kábelek és a hálózati kártyák nem végzik el a fordítást. Ha két aktív eszköz összekötésére van szükség, akkor olyan kábelt kell használni, ami elvégzi a fordítást. Számos aktív eszközön találhatunk egy portot, amely a konfigurációjától függően vagy fordít vagy nem, ez az úgynevezett **uplink** port.

A másik fontos szabványos jellemzője a csavart érpáros rendszereknek, hogy lehetővé teszik a kapcsolat kommunikáció nélküli folyamatos ellenőrzését, amelyet a felhasználó számára egy zöld színű LED-del jeleznek a hálózati kártyákon és az aktív eszközökön is. Némely hálózati kártyán nem található meg ez a LED, bár a szabványban benne van.

A csavart érpár nem üzenetszórásos közegként kerül alkalmazásra, hanem pont-pont kapcsolatot hoz létre a végpont és az aktív eszköz között. Maga az ismétlőként működő aktív eszköz, hub-nak nevezzük, generálja az ütközéseket és ennek megfelelően hajtja meg az éppen adó állomás vétel vonalát ezzel generálva ütközést. Ha a végpont hálózati kártyája és az alkalmazott aktív eszköz is képes full-duplex kommunikációra, akkor lehetséges egyidejű adás és vétel. Ekkor az aktív eszköz nem ismétlő, hanem egy híd,

azaz az adatkapcsolati rétegben teremt kapcsolatot. Hasonlóan a csavart érpárt használó szabványokhoz a 10BaseT is **4 ismétlő** beépítését engedi bármely két végpont közé.



7. ábra 10BaseT hálózati példa

## 10BaseF-L

A 10BaseF-L szabvány **2 km** távolságra teszi lehetővé multi-módusú optikai szálon a kommunikációt. A 10BaseT szabványhoz hasonlóan **2 optikai szál** szükséges, az egyik szál szolgál adásra, a másik vételre, és a kapcsolat meglétét igazoló LED beépítse kötelező. Lehetséges a full-duplex kommunikáció is. Speciális csatlakozók szolgálnak az optikai lengőkábelek a fali kábel és az eszközök összekapcsolására.

## 100BaseTX

A 100BaseTX szabvány **Category 5** minőségű csavart érpáron teszi lehetővé a **100Mbps** sebességű kommunikációt. Az alkalmazott kábel és más kábelezési alkatrészek lényegesen jobb minőségűek, valamint a szerelést is sokkal körültekintőbben kell elvégezni. A 10BaseT szabványhoz hasonlóan a kábel és a patch kábelek együttes hossza nem lehet több **100 méternél**, de csupán **2 ismétlő** lehet a rendszerben, és azok között maximum **5m** hosszú kábelt lehet használni. Ha az ismétlő eltérő fizikai közegeket köt össze, például a gerinccsatlakozás **100BaseFX**, akkor **csupán egyetlen ismétlő** lehet a rendszerben.

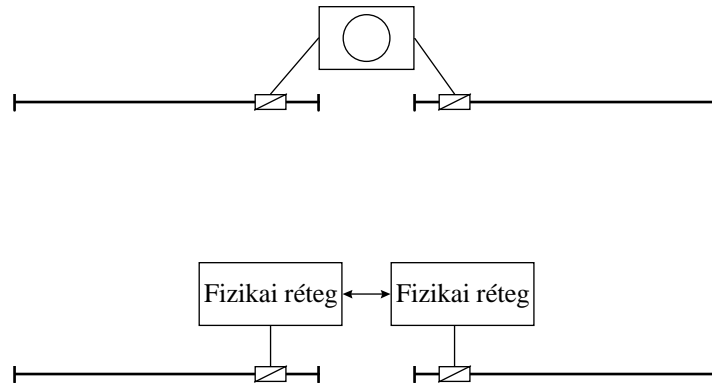
A 100BaseTX alapú eszközök képesek 10BaseT módban is kommunikálni, ha azt érzékelik, hogy a másik oldalon lévő eszköz csak arra képes (autosense). Sok esetben ez a folyamat nem működik tökéletesen, a hálózati kártyák közül egyeseket külön kell



konfigurálni. Arra alkalmas eszközöket használva lehetséges a full-duplex kommunikáció is.

### Ismétlő (repeater vagy hub)

Az Ethernet ismétlő egy 2 vagy több portos aktív eszköz, amely a **fizikai rétegben működik**. Jelölése és rétegszerkezete a 8.ábrán látható. Az ismétlő szerepe az, hogy a kábelben gyengülő, torzuló és zajokkal terhelt jelből **helyreállítsa** a fizikai közegben küldött biteket, és azt helyreállítva adja tovább. Ezen kívül az ismétlő helyreállítja az előtag szinkronizációs bitjeit is. Az ismétlő ütközést is generál az összes többi portján, ha az egyik portján ütközést érzékel.



8. ábra Az Ethernet ismétlő jelölése és rétegszerkezete

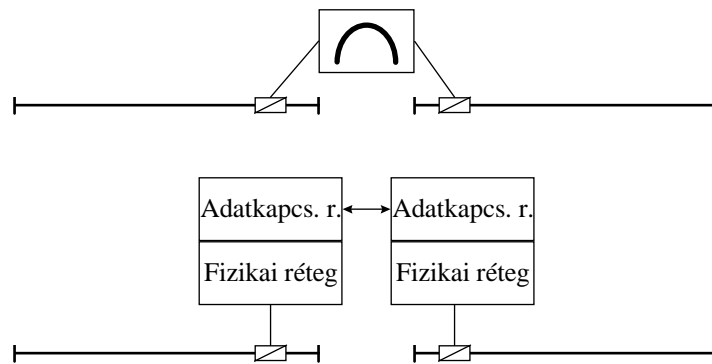
Az ismétlő által összekötött kábel szegmensek egy ütközési zónába tartoznak, mivel az ismétlő továbbterjeszti az ütközéseket. Ha az egyik kábelszegmens meghibásodik, például eltávolítják a lezáró ellenállást az egyik végéről, vagy rosszul csatlakoztatnak egy BNC csatlakozót, akkor a teljes ütközési zóna használhatatlanná válik. Ennek elkerülésére a fejlettebb ismétlők folyamatosan **ellenőrzik** a hozzájuk kapcsolt szegmensek állapotát, és hibát érzékelve **lekapcsolják** a hibás szegmenset a többiről, más néven a hibás szegmenset lepartícionálják. A hibás szegmensen érzékelt első hibátlan keret elküldése után a szegmenset **visszkapcsolják**.

A pont-pont közegek összekapcsolására használt ismétlők minden egyes vonalat külön kezelnek, és közöttük az ütközést is az ismétlők generálják. Ezzel az is jár, hogy így minden egyes vonalat külön képesek ellenőrizni, és hiba esetén lekapcsolni. Ennek megfelelően a pont-pont közegek esetén egyetlen vonal hibája nem okozza más vonalak és állomások használhatatlanná válását.

Gyakran a 10base2 ismétlők és más aktív eszközök rendelkeznek egy **beépített 50Ω-os lezárással**, amelyet konfigurálhatóan rá lehet kapcsolni a portra vagy nem. Ha a beépített lezáró ellenállás fel van konfigurálva, akkor szegmens végét képző vékony koaxiális kábel darabot egyszerűen csatlakoztatni kell az aktív eszközön lévő BNC csatlakozóra. Ha az aktív eszköz nem valósítja meg a lezárást, akkor egy T csatlakozóval és egy külső lezárással lehet a szegmenset csatlakoztatni az aktív eszközre.

## Híd (bridge)

A Ethernet híd egy 2 portos aktív eszköz, amely a **MAC rétegben** továbbítja a csomagokat a 2 port között. Többnyire a híd jelentős része software-ben van implementálva. Jelölése és rétegszerkezete az 9.ábrán található meg. Mivel MAC rétegű eszköz, ezért rendelkezésre állnak a továbbítandó csomagok forrás- és célcímei, amelyek alapján **dönteni lehet** a csomagok továbbítására vagy **kiszűréséről**. Mivel az ütközés egy fizikai rétegbeli fogalom, ezért ezeket sem terjeszti tovább a híd, ezért vele ütközési zónákat lehet darabolni, ezzel csökkentve az ütközések számát. Mivel a híd MAC szintű eszköz, azért elméletileg képes lenne különböző sebességű Ethernet hálózatokat összekötni, de a gyakorlatban csak 10Mbps sebességű hidak jelentek meg.



9. ábra Az Ethernet híd jelölése és rétegszerkezete

A továbbítási port meghatározásához a híd folyamatosan fenntart egy **táblázatot**, amelyben az egyes ismert Ethernet címek és a hozzá tartozó portok találhatóak. A broadcast, multicast és ismeretlen célcímmű kereteket **mindig** eljuttatja a másik portjára a híd. Az cím-port táblázatot a híd **fordított tanulással** építi fel a bejövő keretek forráscíme alapján. Ha egy keret ez egyik porton jött be, akkor az adott forráscímű állomás is azon a porton keresztül érhető el, ha az egy keret célcíme. A táblázat nem használt elemeit a híd egy idő után elfelejti, más néven a táblázat elemeket a kapcsoló öregíti.

A gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy a konvencionális hidak beépítése akkor hoz eredményt, ha a **fogalom nagy része lokális** az ütközési zónára, abból nem lép ki. Jelentős javulás csak akkor érhető el, ha az ütközési zónákat nagyon kis darabokra vágjuk, optimálisan egyetlen gép kerül egy ilyen zónába, és köztük egy nagy sávszélességű gerincen keresztül hidakkal valósítjuk meg a kommunikációt, ezt a koncepciót valósítják meg az Ethernet kapcsolók.

A hidak többnyire távolról menedzselhetők és statisztikák gyűjtésére is képesek.

## Kapcsoló (switch)

Az Ethernet kapcsoló egy sokportos teljesen hardware implementációjú Ethernet híd, amely az egyes portjain bejövő kereteket azon a porton továbbítja, amelyen a cél állomás

található. A portok közötti kommunikáció egy **nagy sávszélességű buszon** történik, ennek a busznak sávszélessége egyenlő vagy nagyobb mint a portok összesített sávszélessége, ezért a hidak alkalmazásánál tapasztalt lokális forgalmi követelmény nem merül fel. Mivel a kapcsoló MAC szintű eszköz, így **különböző sebességű hálózatokat** is összeköthet.

A továbbítási port meghatározásához a kapcsoló folyamatosan fenntart egy **táblázatot**, amelyben az egyes ismert Ethernet címek és a hozzá tartozó portok találhatók. A broadcast, multicast és ismeretlen célcímű kereteket alapesetben **minden egyes portjára eljuttatja** a kapcsoló, de más speciális konfigurációs lehetőségek is vannak az ilyen címek kezelésére. Az cím-port táblázatot a kapcsoló **fordított tanulással** építi fel a bejövő keretek forráscíme alapján. Ha egy keret egy adott porton jött be, akkor az adott forráscímű állomás is azon a porton keresztül érhető el, ha az egy keret célcíme. A táblázat nem használt elemeit a kapcsoló egy idő után elfelejti, más néven a táblázat elemeket a kapcsoló **öregíti**, mivel többnyire a táblázat maximális mérete néhány 100 elemtől néhány 1000 elemig cím-port párig terjedhet.

Egy fontos eleme a kapcsolóknak a portokon található kimeneti **várakozási sor**, amivel lehetővé válik rövid időre más portok által elárasztott port forgalmának újraadás nélküli továbbítása. A tipikus várakozási sor méret néhány kbyte-tól néhány 100 kbyte-ig terjed, többnyire a nagyobb teljesítményű kapcsolóknál a várakozási sor két részre van osztva, hogy lehetővé váljon az új **keretprioritás** kezelésére alkalmas Ethernet szabvány kezelése is, ezekben a kapcsolókban külön várakozási sorba kerülnek a magasabb prioritású és a normál prioritású keretek. Ha a várakozási sor megtelik, akkor az adott portra továbbítandó keretek elveszhetnek, az újabb kapcsolók különböző módszerekkel képesek az adót **visszafogni** ebben az esetben, elkerülve az adó oldali sávszélesség elvesztegetését.

A kapcsolók számos **értéknövelő funkcióval** is fel vannak szerelve, például a **forgalom megfigyelésére, mérésére alkalmas hardware** található bennük, **távolról menedzselhetők**. Nagyon fontos a **virtuális hálózatok** létrehozásának a lehetősége, amellyel a hálózat topológiájától függetlenül hozhatunk létre összetartozó gépcsoportokat, amelyek nem kommunikálhatnak közvetlenül egymás között, hanem csupán egy routeren keresztül. Ezzel a megoldással lehet kézben tartani a sokszor elfogadhatatlanul nagy sávszélességet lefoglaló broadcast és multicast forgalmat.

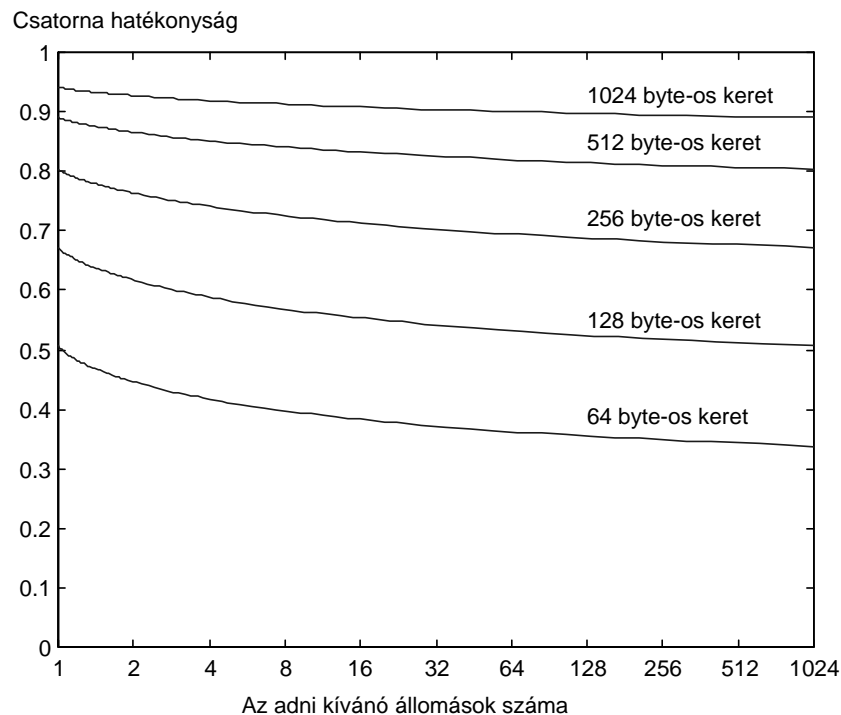
A switch-ek és az ismétlőként funkcionáló hub-ok külső kialakítása, formája teljesen azonos, ezért gyakran switching hub néven említik őket.

## Az Ethernet teljesítőképessége

Az Ethernet hatékonyságának elméleti úton történő meghatározására számos kísérlet történt, különböző bonyolultságú modelleket alkalmazva. A vizsgálatok közül az egyik kis komplexitású - a bináris exponenciális visszatartás nélküli, az ütközési ablakokban állandó valószínűségű újraadással végzett - vizsgálat eredményeit adjuk meg, amely szerint a

$$\text{Csatorna hatékonyság} = \frac{1}{1 + 2BLE/cF}$$

, ahol  $B$  a hálózat sáv szélessége,  $L$  a hálózat hossza,  $F$  a keretméret bitben,  $e$  a versengési periódusok száma keretenként,  $c$  pedig a fénysebesség az alkalmazott közegben. Vizsgálat ezen módja kis számú adni kívánó állomás esetén nagy hibával becsli a valós rendszer paramétereit, azt jelentősen alulbecsli. A csatornahatékonyság az adni kívánó állomások száma és a kerethossz függvényében maximális kábelhossz mellett a 10. ábrán látható görbéknek megfelelően alakul.



10. ábra Az 10Mbit/s Ethernet hatékonysága

Az Ethernet hatékonyságát tehát nagyban befolyásolja a **keretméret**, a **hálózat kiterjedtsége** valamint az **adni kívánó állomások száma**. Az Ethernet hatékonysági problémáin számos megoldással lehet segíteni. A hatékonyság növelésére az ütközési zóna (az ismétlők által összekapcsolt szegmensek együttese) kiterjedésének csökkentése és a benne lévő állomások számának a csökkentése ad lehetőséget. Az Ethernet hidak és kapcsolók ezt a feladatot látják el.

## **Irodalomjegyzék**

1. Andrew S. Tanenbaum, Computer Networks, Prentice Hall, 1996
2. IEEE 802.x szabványok és szabvány draft-ok
3. W. Richard Stevens, TCP/IP Illustrated Volume 1, Addison-Wesley Publishing Company, 1994
4. 3COM SuperStack II 1000 és 3300 dokumentáció
5. 3COM WWW site ( [www.3com.com](http://www.3com.com) )