



Vér Ferenc

## Számítógép hálózatok kiépítése – Átviteli közegek: fémes vezetők



**NSZFI**  
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI  
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:  
**Számítógép összeszerelése**

A követelménymodul száma: 1173-06 A tartalomazonosító száma és célcsoportja: SzT-026-30

## FÉMES HÁLÓZATI ÁTVITELI KÖZEGEK

### ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Ön azt a megbízást kapta, hogy egy vállalkozás irodájában lévő számítógépeket kösse hálózatra. Jelen esetben a fémes vezetékes átviteli közeget választjuk. Milyen kábelezési lehetőségek közül választhat? Melyiket célszerű alkalmazni? Milyen költségvonzatokkal kell számolnia?

Ezen fejezet a fémes átviteli közegeket mutatja be, ezen belül is a helyi hálózatokban, napjainkban (és a közeli múltban) használatos kábelezéseket, tartozékokat, a hibaelhárításhoz szükséges eszközöket.

Ezen kábelek alkalmazását a jelenleg legelterjedtebb Ethernet hálózattípuson mutatjuk be.

Ezek kábeltípusok más és más jellemzőkkel rendelkeznek, és eltérő követelményeket is támasztunk velük szemben.

### SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

#### HÁLÓZATI KÁBELEK – FÉMES VEZETŐK

A számítógép-hálózatokban az adatátvitel a számítógépek között kialakított összeköttetéseken valósul meg. Az információ továbbítása történhet digitális és analóg jelekkel egyaránt. Az analóg jelek esetében valamilyen periodikus jel amplitúdója, a frekvenciája, vagy a fázisszöge hordozza az információt. A digitális átvitelnél a jel egy négyszögjel, aminek az amplitúdója csak a két megadott értéket veheti fel. A szintek közötti váltás csak megadott időpontokban következhet be és korlátozó tényező a közeg és az alkalmazott protokoll lehet. Az információt az amplitúdók és a hozzájuk tartozó időpontok hordozzák.

Az analóg átvitel esetében a leglényegesebb jellemző a sáv szélesség, ami a közegen átvihető jel maximális és minimális frekvenciájának a különbsége és a mértékegysége Hz.

A digitális hálózatok esetében a sebesség jellemzésére az időegység alatt továbbított bitek számát használjuk. A jellemző mértékegysége a bit/s, vagy találkozhatunk még a baud mértékegységgel is, ami az egy másodperc alatt bekövetkezett jelváltozások száma.



Fémes vezetők esetén a jelátvitel valamilyen feszültség-szint-kombinációként jelenik meg. Természetesen ne gondoljunk nagyfeszültségre, itt csak egyen-törpefeszültségek vannak (pl. 0,85 V). Ezek a jelek az átviteli közegeként szereplő kábelfajtákon más-más módon terjednek, ebből kifolyólag az egyes típusok eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek.

A leggyakrabban előforduló fémes átviteli közegek a következők:

1. Koax
  - a) vékony koax (10BASE2)
  - b) vastag koax (10BASE5)
2. Csavart érpár
  - a) árnyékolatlan csavart érpár – Unshielded Twisted Pair (UTP)
  - b) fóliázott csavart érpár – Foiled Twisted Pair (FTP)
  - c) árnyékolt csavart érpár – Shielded Twisted Pair (STP)

Ez utóbbi kettő kombinációja az SFTP kábel. A csavart érpáras hálózatoknak több szabványa is van, pl.: 10BASE-T, 100BASE-T, 1000BASE-T, a használt sebesség függvényében.

### KÁBELEK JELÖLÉSE

- ✗ A fali és a patch kábeleket azonosan jelöljük, általában szövegesen van a kábelén feltüntetve a rézvezető típusa, és vastagsága.
- ✗ A vastagságot az AWG szám mutatja, minél magasabb a szám annál vékonyabb a rézvezető.
- ✗ A kábel árnyékolásának ISO / IEC 11801:2002 szabvány szerinti jelölése (ide vonatkozó európai szabványok EN 50173-:2002 vagy EN 50288 a régi jelölést (UTP / FTP / S-STP) használják):

<b>xx/xxx</b>	
	sodort érpár
	érpárok árnyékolása
	külső árnyékolás
	(TP)
	(U = nincs árnyékolás)
	(F = fólia árnyékolás)
	(F = fólia árnyékolás)
	(S = fémharisnya)
	(SF = fólia és harisnya)

Példa: SF/FTP

1. ábra Kábeljelölések csavart érpár esetén

A továbbiakban, a napjainkban leggyakrabban alkalmazott Ethernet hálózatokkal fogunk foglalkozni.

Meg kell említenünk a szabványok nevét és a szabványosításban résztvevő szervezetek neveit, ezek közül elsőként az ISO-t (International Standards Organization), amely a világon használatos szabványok hivatalos felügyelő szerve. Többek között a számítógépes hálózatokban használatos szabványokat is ő véglegesíti. A hálózati szabványok kidolgozásáért egy másik szervezet a felelős, az IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Ez a szervezet készíti el a számítógépes hálózati szabványokat, melyeknek a neve egy szám, majd ponttal elválasztva a konkrét megvalósítás. Például a számítógépes hálózatok szabványa a 802-es számot kapta, ezen belül az eredeti 10 Mb/s-os Ethernet szabványa a 802.3.

Természetesen sok, ezen belüli alszabvány is van, amit a pont utáni szám mögé írt betűvel, betűkkel jelölnek, pl. ilyen lesz a későbbiekben ismertetett Fast Ethernet (802.3u), 100 Mb/s), a Gigabit Ethernet (802.3z, 1000 Mb/s vagy 1 Gb/s).

## KOAXIÁLIS KÁBELEK

A koaxiális kábelek egy tömör rézmagból (vezeték) állnak, amelyet szigetelő közeggel vesznek körül. Ezt a szigetelőt egy vezetővel tekercselik körbe, amelyet végül egy védő műanyagburkolattal zárnak le. Felépítésének köszönhetően nagyon védett zajokkal szemben, és hosszú távú átvitelre is alkalmas. Könnyen meghosszabbítható, a különféle kábeltoldók, szétválasztók, csatolók és jelismétlők segítségével.

A leggyakrabban a fizikai jelismétlőt (repeater-t) használják, ezekből egy hálózatban max. négy darab lehet.

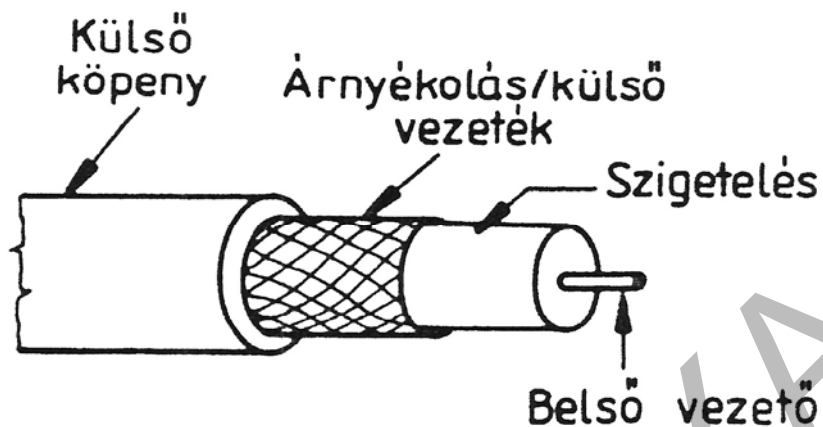
A koaxiális kábel felépítése a 2. ábrán szemügyre vehető. Látható, hogy a legbelső szinten egy vezető ér húzódik, ezt nevezik melegérnek. Ennek anyaga lehet tömör, vagy sodrott. A tömör jobb paraméterekkel rendelkezik, viszont a szerelhetősége a merev belső ér miatt nehezebb. A melegér körül egy néhány mm falvastagságú szigetelőanyag található. Erre készítik el a kábel hidegvezetőjeként szolgáló árnyékolást. Ennek kialakítása az olcsóbb típusokban alumíniumfóliából, a jobb minőségűekben sodrott hálóból áll. Az árnyékoló harisnyán elhelyeznek még egy szigetelő réteget, amely a külső környezeti hatások ellen véd. A környezet zavarainak a kiküszöbölését lehet fokozni úgy, hogy az árnyékolást két rétegben készítjük el. Ezt a technikát elsősorban olyan helyeken alkalmazzák, ahol a jelvezetékek fokozottan ki vannak téve a környezet zavarainak.

A tömör belső érrel szerelt kábel késleltetése és a csillapítása kisebb, mint a több fémszálból összefonotté, viszont jóval merevebb is.

Alapsávú koaxiális kábelt a digitális adatátvitelben alkalmaznak előszeretettel. Két további típusra bonthatók, a vékony és a vastag koaxiális kábelre. A vékony koaxot az Ethernet hálózatokban alkalmazzák, hullámimpedanciája legtöbbször 50 Ohm, de előfordulhat 75 Ohmos változatban is.

A vastag koaxiális kábel a nevét onnan kapta, hogy az előzőnél vastagabb, a hullámimpedanciája majdnem duplája, 93 Ohm.

A régebbi hálózati protollokban használták, ma egyre inkább kikerült a piacról. A vastag koax előnye, hogy a csillapítása kisebb, mint a vékony változaté, emiatt az áthidalható távolságok nagyobbak lehetnek ugyanakkora sebesség mellett.



2. ábra A koax kábel felépítése

#### 1. Vékony koax



3. ábra. Vékony koax (10BASE2)

A vékonykoaxxal kialakítható topológia a sín topológia. Ilyenkor egy közös vezetékre csatlakozik minden állomás, úgynevezett T-dugókkal. A sín két végét lezáró ellenállással zárják le (50 ohm). A vékonykoaxot BNC (Bayonet–Neil–Counselman) csatlakozókkal szerelik, ami lehet csavaros vagy sajtolts (krimpelt).

#### A sín topológia előnyei:

- viszonylag kevés kábelt igényel
- könnyű az új állomások bekapcsolása
- egyszerű és rugalmas felépítés
- viszonylag nagy távolság hidalható át jelerősítés nélkül

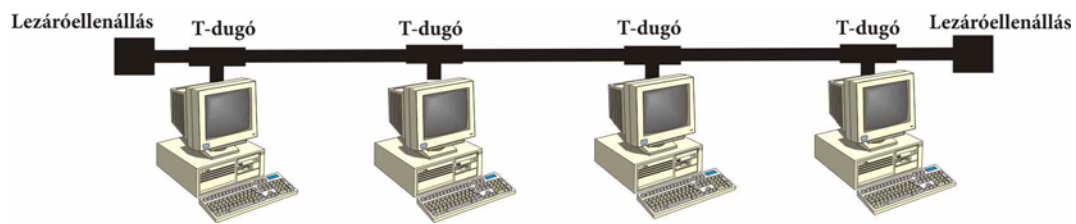
#### Hátrányai:

- Alacsony biztonság
- a hibák behatárolása nehézkes
- ha a sín megszakad, minden forgalom leáll
- adatforgalom szempontjából könnyen túlterhelhető



4. ábra Két oldalon T-dugók, középen a lezáróellenállás





5. ábra Sín topológia



6. ábra Lezáróellenállás (véglezáró sapka vagy kupak)

A vékony koax-szal kialakított hálózatban 2 végpont közötti távolság maximum 185 m (ke-  
rekítve 200 m, innét a 10BASE2-ben a 2-es), az elérhető sebesség pedig 10 Mb/s.

A kábelek szereléséhez a csatlakozókon kívül szükség van úgynevezett krimpelőfogóra,  
amivel a BNC csatlakozókat lehet a kábel végére sajtolni.



7. ábra Krimpelő készlet koaxiális kábelekhöz

## 2. Vastag koax

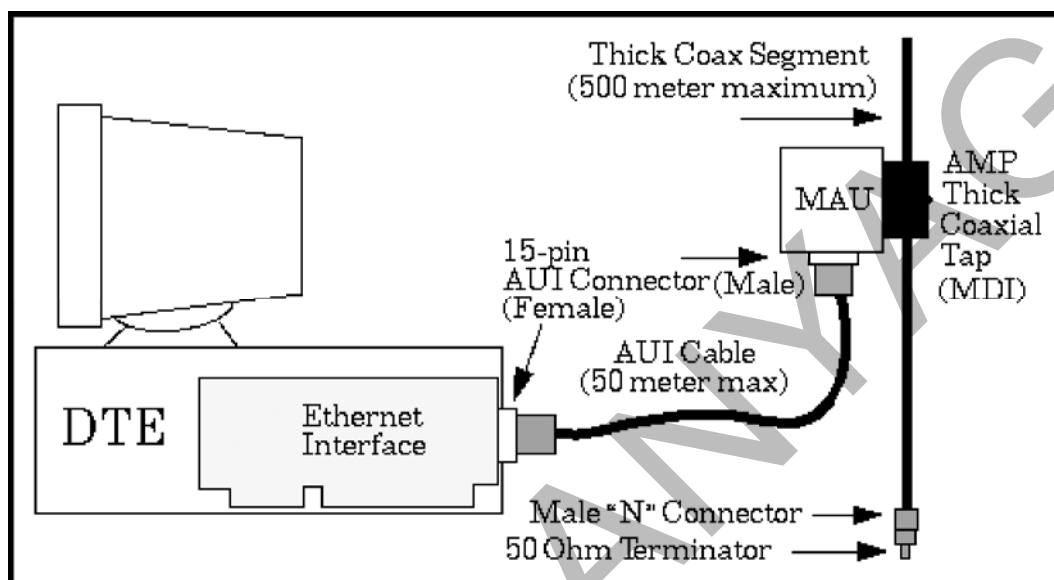


8. ábra. Vastag koax (10BASE5) és a vámpírcsatlakozó



A kábel nehezen szerelhető a merevsége miatt, ezért ahhoz nem BNC, hanem ún. vámpírcsatlakozókat használnak a kapcsolat kialakítására. A nevét a működéséről kapta, mivel szereléskor a sajtolás következtében a szigeteléseket átszúrja és mind az árnyékolással, mind a belső érrel megfelelő fémes kapcsolatot alakít ki.

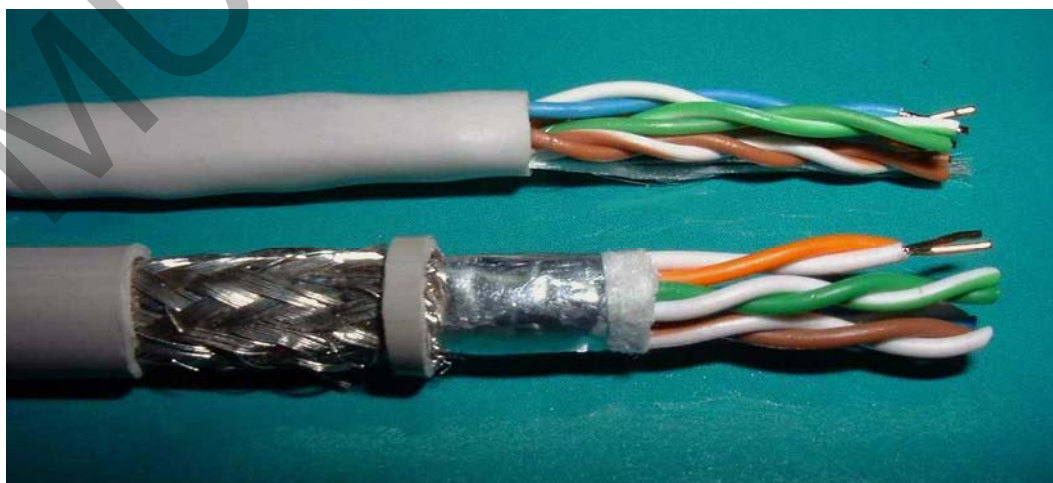
Vastag koax-szal szintén sín topológiát lehet kialakítani, csak a maximális távolság nagyobb, mégpedig 500 m. A sebesség szintén 10 Mb/s nagyságú.



9. ábra A vastagkoaxszal történő csatlakozás sematikus rajza

### 3. Csavart érpár

A csavart érpáras vezetékben nyolc, kettesével összezsavart vezeték található, amelyeket különböző színű műanyag szigetelőréteggel borítanak, s ezek egy közös, külső védőburkolatban kapnak helyet. A csavarásokra a zavarvédelem miatt van szükség.



10. ábra Különböző csavart érpáras kábelek



*11. ábra CAT5E és CAT6 kábelek*

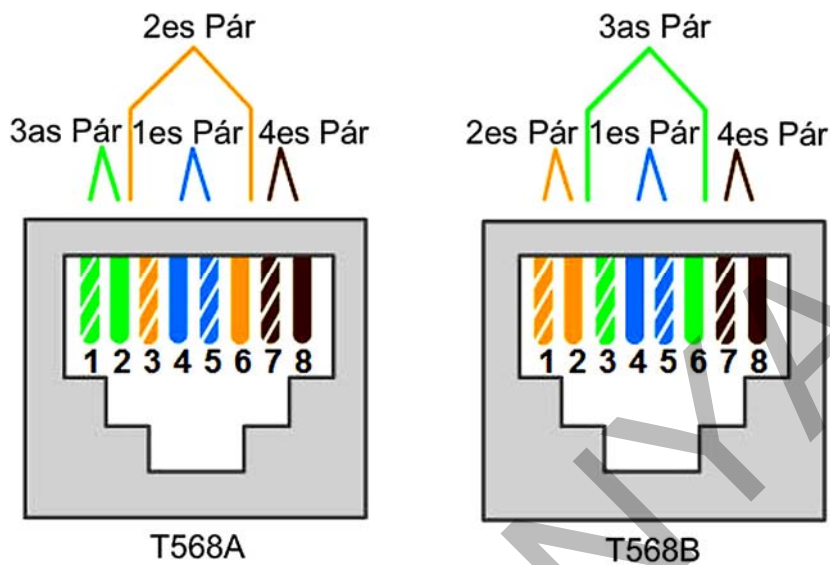
A kábelek végén ún. RJ-45-ös csatlakozó található. Ebbe a csatlakozóba kell a vezetékeket a megfelelő sorrendben bevezetni, majd leszorítani (itt is krimpelésnek hívják).



*12. ábra RJ-45-ös csatlakozó*

A krimpelésnél nagyon fontos a megfelelő színsorrend alkalmazása, ugyanis két fajta kábelt szoktunk készíteni: egyenes és keresztkötésű kábelt.

Az egyenes kábelnél a kábel mindkét végén ugyanolyan sorrendben kötjük be a vezetékeket, míg a keresztkötésűnél felcseréljük az érpárat. A színek sorrendjét szintén szabvány írja le, amely definiálja mindkét bekötési sorrendet.



13. ábra Az EIA/TIA 568A és 568B szerinti színsorrend



14. ábra Csavart érpáras krimpelőfogó





15. ábra Csavart érpáras krimpelőfogó feje. Ezzel kisebb dugókat is lehet krimpelni (4P, 6P)



16. ábra Vezetékcsupaszolás



17. ábra A "krimpelés"

A csavart érpár korábban említett három fő fajtáján belül is van csoportosításuk, mégpedig a sávszélességük szerint. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy adott hosszon hányszor csavarják meg egymáson az érpárokat. Minél többször, annál nagyobb kategóriájú lesz a kábel.

#### *Alkalmazási osztályok      Sávszélesség igény*

- • Class A :      100 kHz
- • Class B :      1 MHz
- • Class C :      16 MHz
- • Class D :      100 MHz
- • Class E :      250 MHz
- • Class F :      600 MHz

#### *Hálózat kategóriák      Előírt sávszélesség*

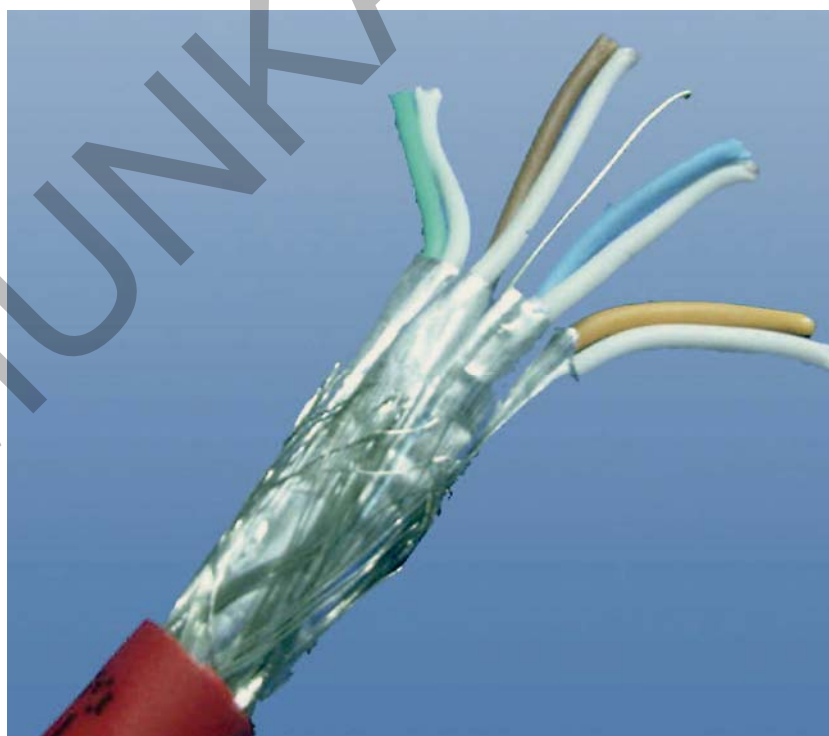
##### ANSI EIA/TIA ISO/IEC – CENELEC

- • CAT 3 : Class C      16 MHz (csak telefon gerincére !)
- • CAT 5 : Class D (emelt paraméterek)      100 MHz
- • CAT 5E:      125 MHz
- • CAT 6 : Class E      250 MHz
- • CAT 7 : Class F      600 MHz

## ALKALMAZÁSI TERÜLETEK

	CAT5e Class D	CAT6 Class E	CAT6A Class E <sub>A</sub>	CAT7 Class F	CAT7A Class F <sub>A</sub>
4/16 MBPS Token Ring	x	x	x	x	x
10BASE-T	x	x	x	x	x
100BASE-T4	x	x	x	x	x
155 MBPS ATM	x	x	x	x	x
1000BASE-T	x	x	x	x	x
TIA/EIA-854		x	x	x	x
10GBASE-T			x	x	x
Szélessávú CATV				x	x

18. ábra CAT szabványok



19. ábra CAT7-es kábel



Csavart érpáras hálózatokban a kialakítható topológia csillag alakú, a csillag középpontja egy elosztó. Ezeket az elosztókat egymással is összeköthetjük, így jön létre a többszörös csillag topológia.

Az elosztóknak több fajtája létezik, régebben HUB-okat alkalmaztak, ezek egyszerű jelerősítők, az egyik bemenetükön kapott jelet (adatokat) felerősítik és a többi kimenetükön kiküldik. Ennél korszerűbb elosztó a SWITCH (kapcsoló), amely a beérkező jelet csak a megfelelő kimenetén továbbítja jelerősítés mellett.

Ma már csak switcheket lehet kapni, ezeknek két "alfaja" ismert, a menedzselhető és a nem menedzselhető. Előbbi rendelkezik saját beállítási felülettel (ez lehet karakteres vagy webes felület), ahol a működéssel kapcsolatos jellemzők állíthatók.



20. ábra Két switch egymáson

### KÁBELCSATORNÁK, SZERELÉSI LEHETŐSÉGEK ÉPÜLETBEN

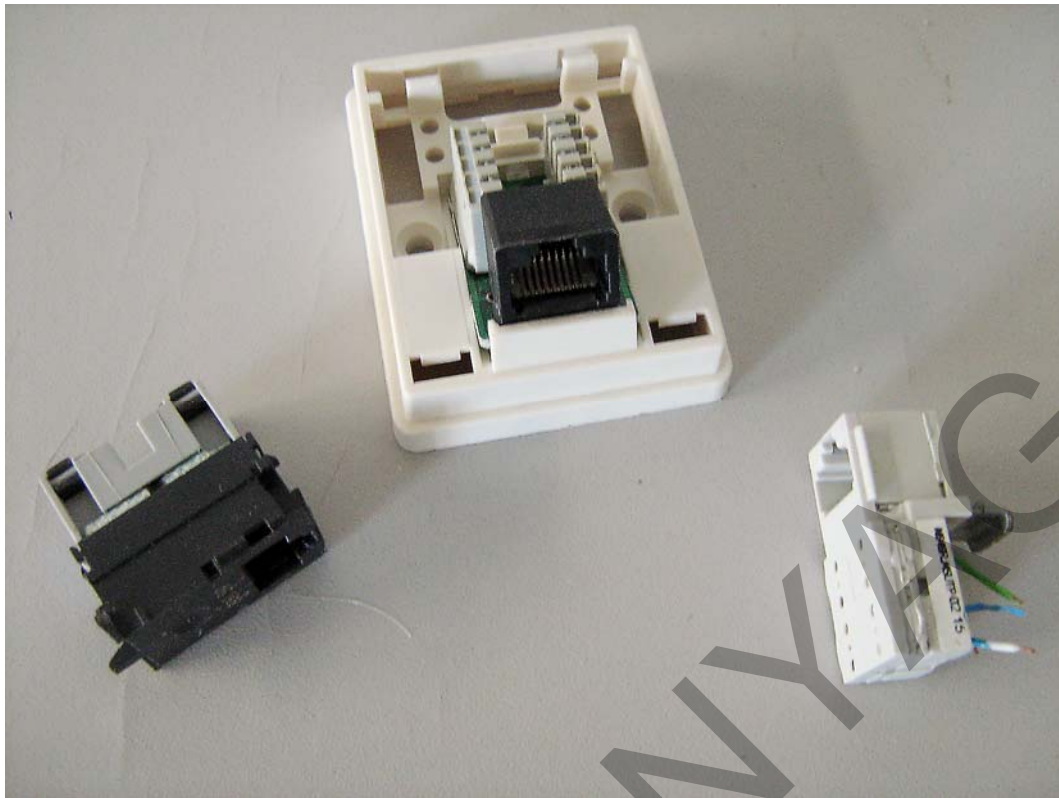
Az épületeken belül a vezetékeket úgynevezett kábelcsatornáknak szokták elvezetni, ezek lehetnek a falban, illetve a falon kívül is, valamint taposó kivitelben a padlón, vagy a padlóba süllyesztve. Az új építésű épületeknél a falban eleve kialakítják a csatornát, a régebbiekben pedig a falra szerelhető változatokkal oldható meg. A kábelcsatornára szerelhetők a fali aljzatok, melyek lehetővé teszik a csatlakozást a hálózathoz.



21. ábra Fali csatorna fali aljzatokkal, a jobboldalon telefoncsatlakozók



22. ábra Fali csatlakozó a kábelcsatornán



23. ábra Nem beszerelt fali aljzatok. Ezekbe kell szétbontva betűzni az elemi ereket, úgynevezett betűzőszerszám segítségével.

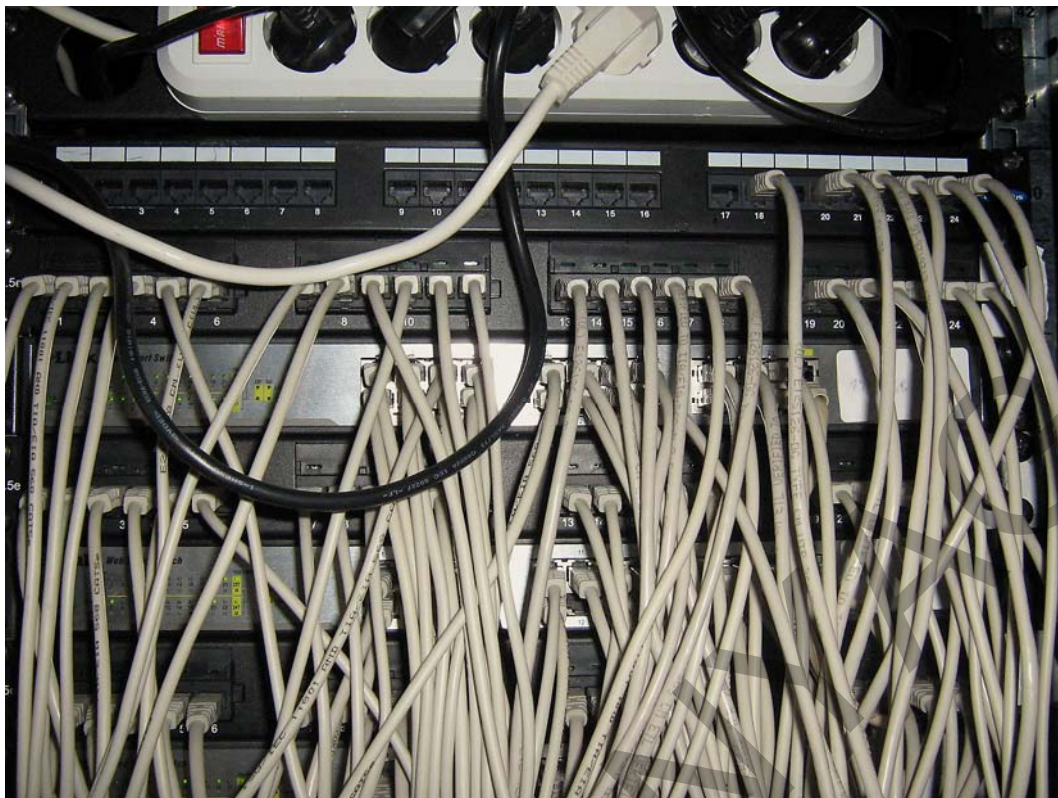


24. ábra Betűzőszerszám

## KÁBELRENDEZÉS

Az épületen belül általában egy pontban futnak össze a kábelek, illetve sok kliens esetén egészen komoly kábelkötegre kell számítanunk. Ezek rendszerezését teszik lehetővé a kábelrendezők (patch panel). Ezeket szekrényben (rack szekrény) helyezik el, ahol áttekinthetően bekötve rendszerezetten kezelhetők a kábelek.

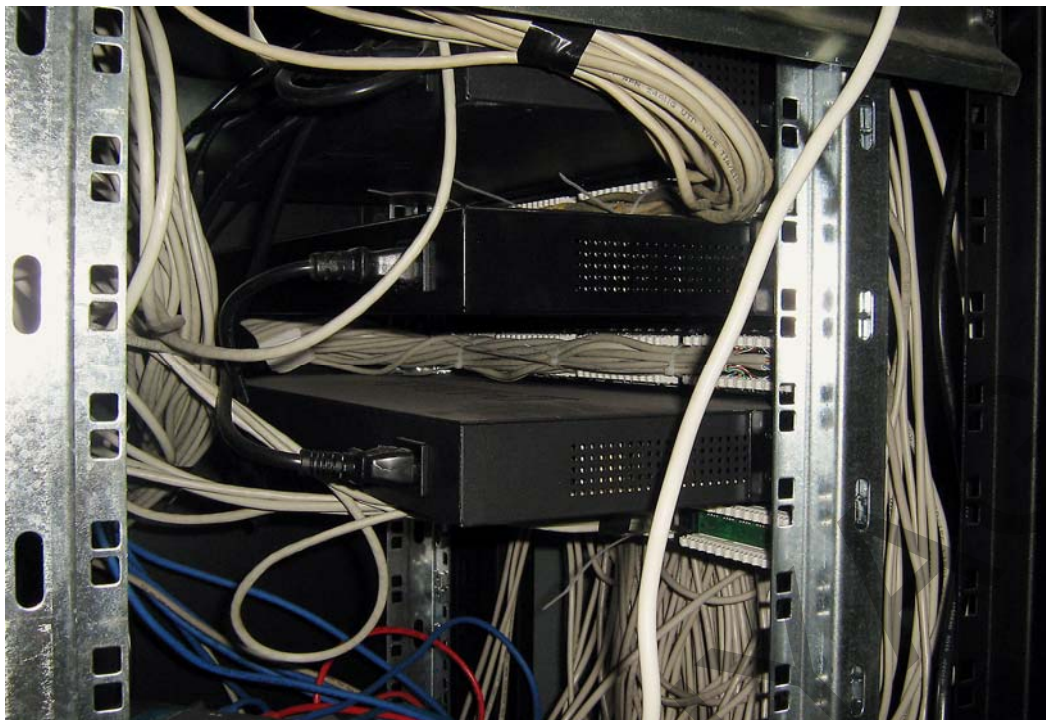




25. ábra A felső részen az elektromos hálózati elosztó alatt látható két patch panel, alattuk switch-ek.



26. ábra Egy patch panel hátsó oldala a bekötött kábelekkel



27. ábra Rack szekrénybe épített hálózati eszközök és patch panelek hátulról

## A KÁBELEK ELLENŐRZÉSE, HIBAELHÁRÍTÁS

A kábelek elkészítése után azokat szükséges ellenőrizni is (élég baj, ha a csatornában lévő kábelről derül ki, hogy hibás...). Ezt úgynevezett kábeltesztterekkel lehet vizsgálni. Ezek a műszerek lehetnek néhány ezer forintos olcsóbb kivitelűek, amelyek a szakadást, illetve csavart érpár esetén a sorrendet képesek vizsgálni csak, illetve egészen komoly műszerek is, melyekkel az adott kábelben lévő jel/zaj viszony is mérhető. Ez utóbbiak a több százezer forintos ártartományban találhatók.



28. ábra Egy egyszerű kábelteszter, amellyel szakadást, sorrendet lehet vizsgálni több kábeltípuson is (USB, RJ-11, RJ-45, vékonykoax)





29. ábra Egy másik, egyszerűbb teszter



30. ábra Egy Fluke márkájú komplex kábelteszter



Hibás kábeleknél szinte kizárólagosan a rossz krimpelés az ok, nagyon ritka a kábelben történő érszakadás.



31. ábra Egy kábel "bound". Az oldalán látható, hogy CAT6-os kábel, a másik oldalon, hogy UTP, a tetején pedig a hossz (1000 FT, ami nem az ára ☺, hanem 1000 láb (foot), azaz 305 m)

### A LAN-TERVEZÉS CÉLKITŰZÉSEI

Egy LAN megtervezésének első lépése a tervezési célkitűzések lefektetése és dokumentálása. Ezek a célkitűzések minden szervezet és szituáció esetében egyediek. A legtöbb hálózat megtervezése során szem előtt kell tartani az alábbi követelményeket:

- Funkcionalitás – A hálózatnak működnie kell. A hálózatnak lehetővé kell tennie, hogy a felhasználók el tudják végezni a munkájukat. Megfelelő sebességű és megbízható-ságú összeköttetést kell biztosítani az egyes felhasználók, valamint a felhasználók és az alkalmazások között.
- Méretezhetőség – A hálózatnak képesnek kell lennie a növekedésre. Az eredeti szer-kezetnek lényegesebb változtatások nélkül bővíthetőnek kell lennie.
- Alkalmazkodóképesség – A hálózatot a jövőben várhatóan megjelenő technológiákra is figyelemmel kell megtervezni. Nem szabad olyan elemet foglalni a hálózatba, amely megakadályozza a később megjelenő új technológiák alkalmazását.

- Felügyelhetőség – A hálózatot úgy kell megtervezni, hogy a működés folyamatos stabilitásának megőrzése érdekében megkönnyítsük a hálózat figyelését és felügyeletét.

## A LAN-TERVEZÉS SZEMPONTJAI

Számos szervezet fejleszti tovább már meglévő LAN-ját, vagy készül arra, hogy új LAN-t alakítson ki, illetve a tervezés vagy a fejlesztés szakaszában van. A LAN-tervezési tevékenységeknek ez a bővülése a nagysebességű technológiák, például az ATM (aszinkron átviteli mód, szélessávú WAN kapcsolatot) terjedéséből ered.

A bővülésbe az összetett, LAN-kapcsolást, illetve virtuális LAN-okat (VLAN) is használó LAN-architektúrák is belejátszanak.

Ahhoz, hogy a lehető legnagyobb sávszélességű és teljesítményű LAN-t lehessen kialakítani, a következő szempontokat kell figyelembe venni a LAN megtervezése során:

- A kiszolgálók (szerverek) funkciója és elhelyezése
- Az ütközési tartományok kérdésköre
- A szegmentálás kérdésköre
- A szórási tartományok kérdésköre

A kiszolgálók fájlmegosztási, nyomtatási, kommunikációs és alkalmazásszolgáltatásokat nyújtanak. A kiszolgálókat nem szokás munkaállomásként is használni. A kiszolgálókon erre a célra kifejlesztett operációs rendszer (például NetWare, Windows, Linux) fut. Egy kiszolgáló általában egy funkciót lát el, pl. elektronikus levelezést vagy fájlmegosztást biztosít.

A vállalati kiszolgálókat a központi kábelrendező helyiségben (MDF) kell elhelyezni. Ha csak lehetséges, a vállalati kiszolgálók felé irányuló forgalom csak az MDF-hez jusson el, ne haladjon keresztül más hálózatokon. Azonban néhány hálózat központi rétege forgalomirányítókat tartalmaz, vagy a vállalati kiszolgálók szerverfarmot alkotnak. Ilyen esetekben nem kerülhető el, hogy a szerverek forgalma más hálózatokat is érintsen. A munkacsoportos kiszolgálókat lehetőleg a munkacsoporthoz legközelebb eső közbülső kábelrendező helyiségben (IDF) kell elhelyezni. Ha a munkacsoportos kiszolgálókat közel helyezzük a felhasználókhoz, forgalom csak az IDF-ig menő hálózatrészben lép fel, és nincs hatással az adott szegmens többi felhasználójára.

## TANULÁSIRÁNYÍTÓ

A tananyag értelmezéséhez elengedhetetlenül szükséges az alábbi készségek fejlesztése:

- Idegen nyelvű készülék feliratok értelmezése, megértése: kiválasztja, megkeresi, fennakadás nélkül értelmezi a nem magyar nyelvű eszközök leírását is (elsősorban angolul)
- Információforrások kezelése: önállóan értelmezi, megkeresi, és fennakadás nélkül alkalmazza a különböző eszközök leírását

A tananyagban áttekintettük a számítógépes hálózatok átviteli közegei közül a fémes átviteli közegeket, kicsit a múltba is visszatekintve.

**Próbáljon meg válaszolni a következő kérdésekre az olvasottak alapján (ha nem megy, lapozzon vissza, olvassa el újból):**

Milyen fémes vezetőkről tanultunk?

Milyen fémes vezetőket használnak napjainkban?

Milyen topológiákat használnak a fémes vezetők esetén?

Milyen eszközökre lehet szükség egy hálózat elkészítésekor?

Milyen segédanyagok szükségesek a kábelek legyártásához és a hálózat üzembe helyezéséhez?

Milyen kábelvezetési lehetőségek vannak?

Milyen tervezési szempontok lehetnek?

Milyen ellenőrzési módszerek, eszközök vannak?

**Miről is tanultunk?**

A tananyag vázlata megadja a szükséges ismeretek összegzését:

- Koaxiális kábelek: vékony és vastag coax
- Csavart érpáras kábelek
- Kábelezés
- Hibakeresés, tesztelés
- LAN-tervezés



## ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. Jellemezze az analóg jelátvitelt!

---

---

---

2. Sorolja fel a koaxkábelek fajtáit!

---

---

3. Sorolja fel a csavart érpáras kábelek fajtáit!

---

---

4. Ismertesse a sín topológia előnyeit és hátrányait!

---

---

**5. Párosítsa a szabványhoz a sebességértékeket!**

10BASE2	100 Mb/s
10BASE5	10 Mb/s
100BASE-F	1 Gb/s
1000BASE-F	16 Mb/s

MUNKANYAG

## MEGOLDÁSOK

1.

Az analóg átvitel esetében a leglényegesebb jellemző a sávszélesség, ami a közegen átvihető jel maximális és minimális frekvenciájának a különbsége és a mértékegysége Hz.

2.

vékony koax (10BASE2), vastag koax (10BASE5)

3.

árnyékolatlan csavart érpár – Unshielded Twisted Pair (UTP), fóliázott csavart érpár – Foiled Twisted Pair (FTP), árnyékolt csavart érpár – Shielded Twisted Pair (STP)

4.

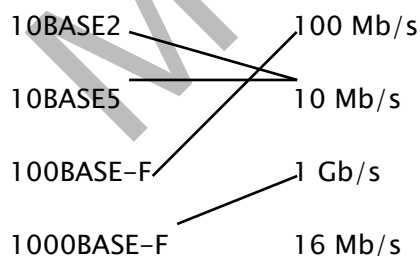
**A sín topológia előnyei:**

- a) viszonylag kevés kábelt igényel
- b) könnyű az új állomások bekapcsolása
- c) egyszerű és rugalmas felépítés

**Hátrányai:**

- a) Alacsony biztonság
- b) a hibák behatárolása nehézkes
- c) ha a sín megszakad, minden forgalom leáll

5.



## IRODALOMJEGYZÉK

### FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Andrew S. Tannenbaum: Számítógép-hálózatok. Második, bővített, átdolgozott kiadás, Panem, Budapest, 2004
2. Deon Reynders – Eswin Wright: TCP/IP és Ethernet hálózatok a gyakorlatban. Kiskapu, Budapest, 2003
3. Dér Balázs: A strukturált kábelezés rejtelsei. Prezentáció, 2008
4. Balogh Zoltán: LAN-tervezés. Jegyzet, II. javított kiadás, 2007



A(z) 1173-06 modul 026-os szakmai tankönyvi tartalomeleme  
felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
33 523 01 1000 00 00	Számítógép-szerelő, -karbantartó

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:  
20 óra

MUNKANYAG

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv  
TÁMOP 2.2.1 08/1–2008–0002 „A képzés minőségének és tartalmának  
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap  
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet  
1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210–1065, Fax: (1) 210–1063

Felelős kiadó:  
Nagy László főigazgató