

# Számítógépes Hálózatok és Internet Eszközök

2007

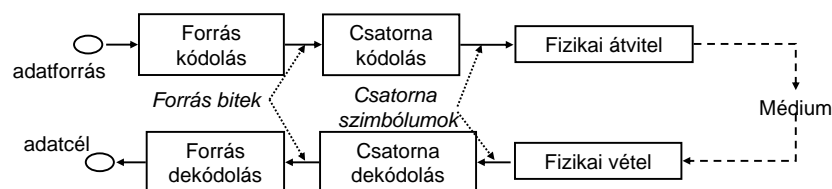
## 4. Fizikai réteg – Alapsáv, szélessáv, moduláció, vezetékes és vezeték nélküli átvitel

## Alapsáv és szélessáv

- Alapsáv (baseband)
  - A digitális szignál direkt árammá vagy feszültségváltozássá alakítódik
  - A szignál minden frekvenciával átvitelre kerül
  - Pl. NRZ-vel (feszültség magas = 1, feszültség alacsony = 0)
  - Probléma:
    - Átviteli korlátok
- Szélessáv (broadband)
  - Az adatok egy széles frekvencia-tartományban kerülnek átvitelre
  - Lehetőségek:
    - Az adatokat egy vivőhullámra tehetjük (Amplitúdó moduláció)
    - A vivőhullámot megváltoztathatjuk (Frekvencia / fázis moduláció)
    - Különböző vivőhullámokat egyidejűleg használhatunk fel

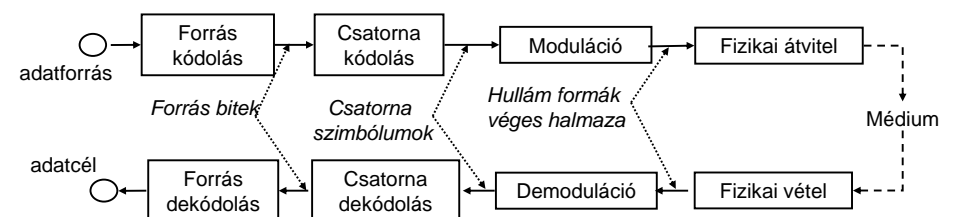
## Egy digitális alapsávú átvitel struktúrája

- Forrás kódolás
  - Redundáns vagy nem releváns információk eltávolítása
  - Pl. veszteséssel járó tömörítéssel (MP3, MPEG 4) vagy
  - veszteség nélküli tömörítéssel (Huffman-kód)
- Csatorna kódolás
  - Forrásbitek leképezése csatorna szimbólumokra
  - Esetleg redundancia hozzáadásával, amit a csatorna tulajdonságaihoz igazítunk
- Fizikai átvitel
  - Fizikai eseményekké konvertáljuk



## Egy digitális szélessávú átvitel struktúrája

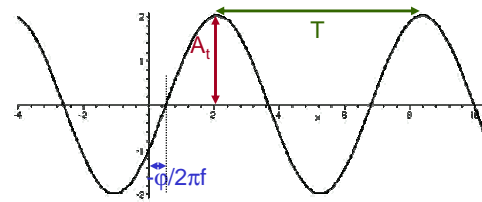
- MODulation/DEModulation
  - A csatornaszimbólumok lefordítása
    - amplitúdó modulációval
    - fázis modulációval
    - frekvencia modulációval
    - vagy ezek egy kombinációjával



## Szélessáv

- Ötlet:
  - A közeg ideális Frekvenciáira koncentrálunk
  - Egy sinus-görbét használunk mint vivőhullámot a szignáloknak
- Egy sinusgörbe nem tartalmaz információt
- Az adatátvitelhez a sinusgörbét folyamatosan meg kell változtatni (modulálni)
  - spektrális bővítés által (több frekvencia a Fourier-analízisben)
- A következő paraméterek változtathatók meg:
  - Amplitúdó  $A$
  - Frekvencia  $f=1/T$
  - Fázis  $\phi$

$$s(t) = A \sin(2\pi ft + \phi)$$



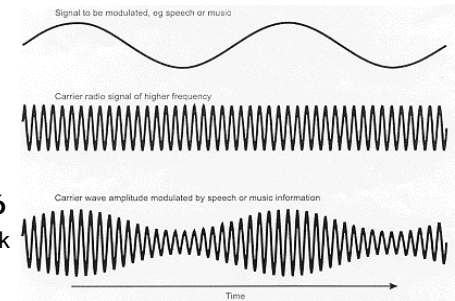
## Amplitúdó-moduláció

- Az időben változó szignált  $s(t)$  a sinusgörbe amplitúdójaként kódoljuk:

$$f_A(t) = s(t) \sin(2\pi ft + \phi)$$

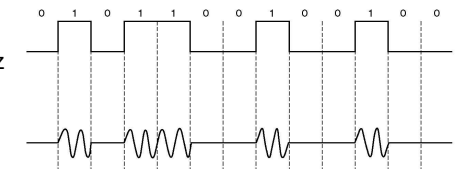
- Analóg szignál: **Amplitúdó-moduláció**

- A szignál folytonos függvénye az időnek
- Pl. második hosszabb hullámjel (hanghullám)



- Digitális szignál: **Amplitúdó keying**

- A szignál erőssége egy diszkrét halmaz értékeinek megfelelően változik
- Speciális eset: diszkrét halmaz:  $\{0,1\}$
- on/off keying



## Frekvencia-moduláció

- Az időben változó  $s(t)$  szignált a sinus görbe frekvenciájában kódoljuk:

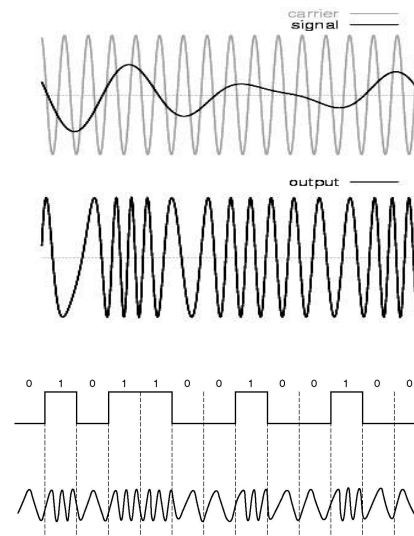
$$f_F(t) = a \sin(2\pi s(t)t + \phi)$$

- Analóg szignál: **Frekvencia-moduláció**

- Az idő folytonos függvénye

- Digitális szignál **Frekvencia-eltolás keying (frequency shift keying, FSK)**

- Pl. egy diszkrét halmaz elemeihez (szimbólumaihoz) különböző frekvenciákat rendelünk



## Fázis-moduláció

- Az időben változó  $s(t)$  szignált a sinus görbe fázisában kódoljuk:

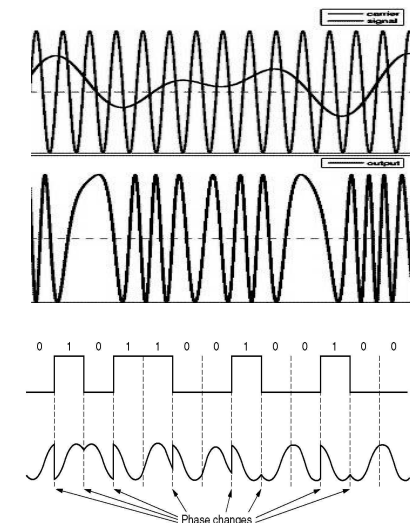
$$f_P(t) = a \sin(2\pi ft + s(t))$$

- Analóg szignál: **Fázis-moduláció**

- Nagyon előnytelen tulajdonságok
- Nem használják

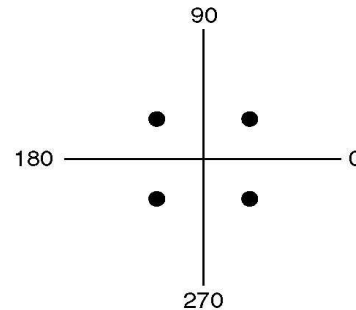
- Digitális szignál: **Fáziseltolás keying (phase-shift keying, PSK)**

- Pl. egy diszkrét halmaz elemeihez különböző fázisokat rendelünk



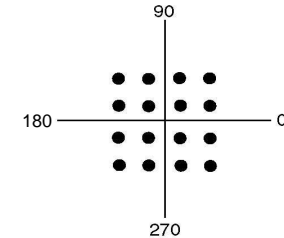
## PSK különböző szimbólumokkal

- Fáziseltolódások nagyon könnyen felismerhetők a fogadó által
- Egy diszkrét halmaz különböző szimbólumainak a kódolása nagyon egyszerű
  - Használjunk pl.  $\pi/4$ ,  $3/4\pi$ ,  $5/4\pi$ ,  $7/4\pi$  fáziseltolást (4 szimbólumhoz)
  - Rika: 0 fáziseltolás (szinkronizáció miatt)
  - 4 szimbólum esetén az adatrata kétszer akkora mint a szimbólumráta
- Ezen módszer neve Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)



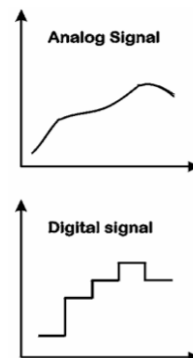
## Amplitúdó- és fázis-moduláció

- Amplitúdó- és fázis-moduláció kombinálható
- Pl.: QAM-16 (Quadrature Amplitude Modulation)
  - 16 különböző fázis-amplitúdó kombinációt használunk, minden szimbólumhoz egyet
  - Minden szimbólum 4 bitet kódol ( $2^4 = 16$ )
  - Az adatrata tehát négyszer akkora, mint a szimbólumráta



## Digitális és analóg szignálok összehasonlítása

- **Digitális átvitel**
  - Diszkrét szignálok véges halmaza
  - Pl. feszültség értékek / áramerősség értékek véges halmaza
- **Analóg átvitel**
  - Szignálok végtelen (folytonos) halmaza
  - Pl. a szignál a feszültségnek vagy az áramerősségnek felel meg a vezetékben
- Digitális szignálok előnyei:
  - Lehetőség van a vételpontosság helyreállítására és az eredeti szignál rekonstrukciójára
  - Analóg átvitel esetén fellépő hibák önmagukat felerősíthetik



## Bithiba gyakoriság és szignál-zaj arány

- Minél nagyobb a szignál-zaj arány (signal-to-noise ratio - SNR), annál kevesebb hiba lép fel
- **Bithiba gyakoriság (bit error rate - BER)**
  - A hibásan fogadott bitek részaránya
- Függ
  - a szignál erőségétől,
  - a zajtól,
  - az átviteli sebességtől,
  - a felhasznált módszertől
- A bithiba (BER) tipikusan függ a szignál-zaj aránytól (SNR)
  - Pl.: DPSK (differential phase-shift keying)

$$\text{BER}(\text{SNR}) = 0,5 \cdot e^{-\text{SNR}}$$

## Fizikai médiumok

- Vezetékhez kötött átvitel
  - Rézvezeték – sodort érpár (twisted pair)
  - Rézvezeték – Koaxiális kábel
  - Üvegszál
- Vezeték nélküli átvitel
  - Rádióhullám
  - Mikrohullám
  - Infravörös
  - Fényhullámok

## Sodort érpár (Twisted Pair TP)



(a)

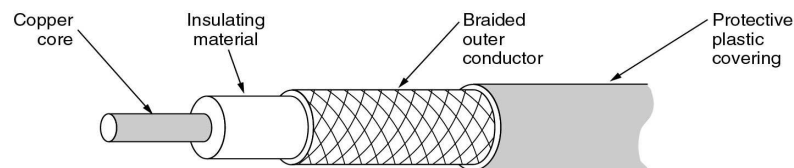


(b)

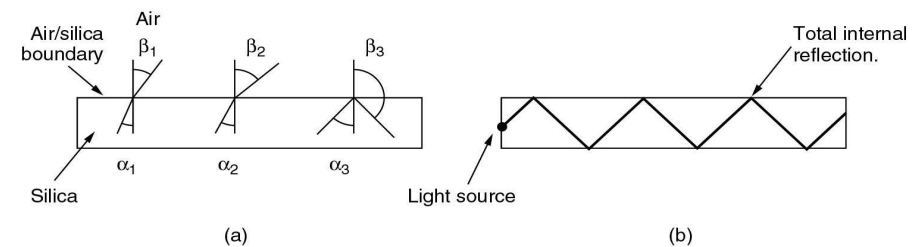
(a) Category 3 UTP.

(b) Category 5 UTP.

## Koaxialkabel



## Optikai kábel (üvegszál)

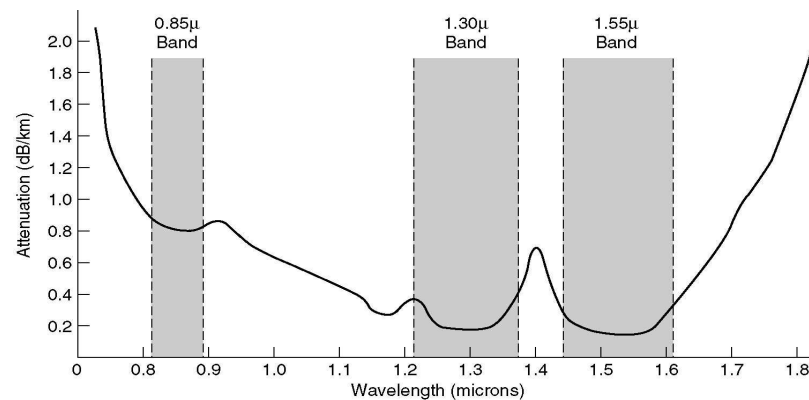


$$\text{Snellius törvénye: } \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{c_{\text{üveg}}}{c_{\text{levegő}}}$$

- Elhajlás és tükröződés a levegő/üveg határon különböző szögeknél
- A fény a tükröződés miatt az üvegben marad teljesen

## Fény átvitele üvegszálon

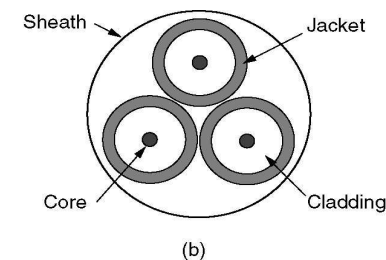
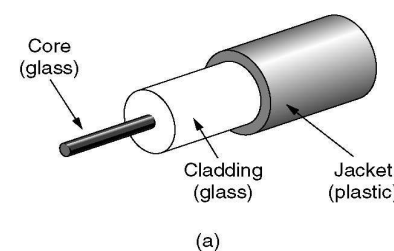
Infravörös fény elnyelődése az üvegszálaban



## Üvegszál

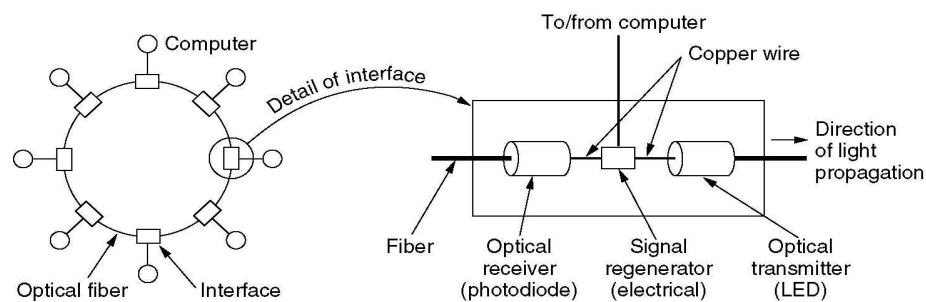
(a) Egy egyszerű szál oldalnézete

(b) Egy hármas-üvegszálköteg metszete



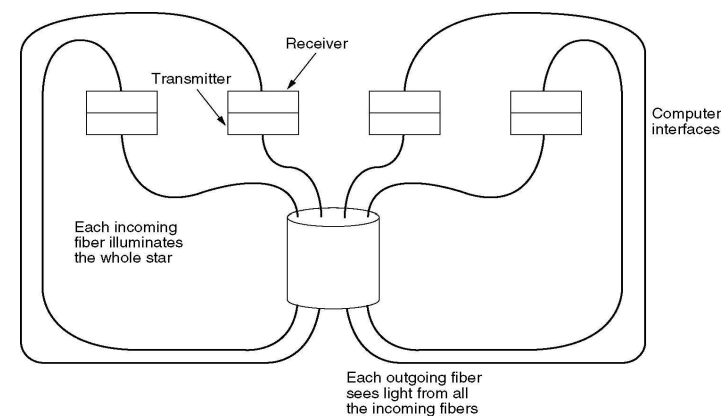
## Optikai hálózatok

Üvegszál gyűrű aktív ismétlőkkel (repeater-ekkel)

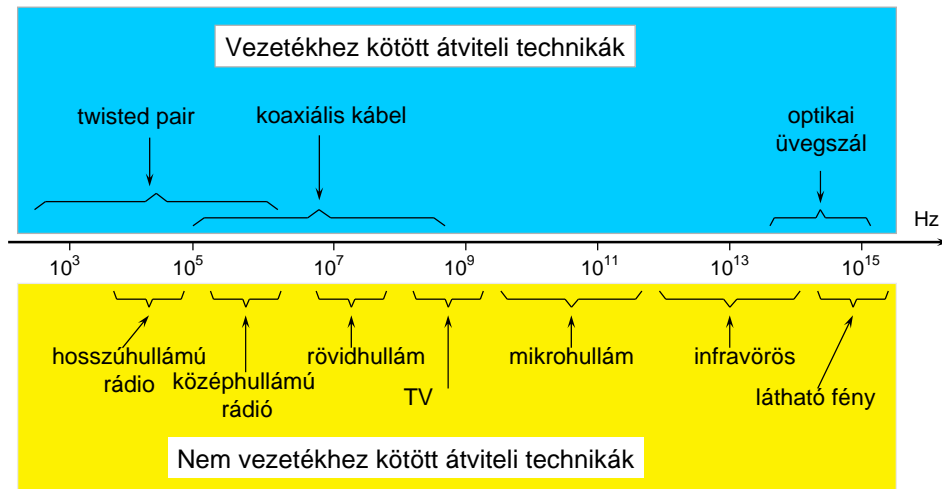


## Optikai hálózatok

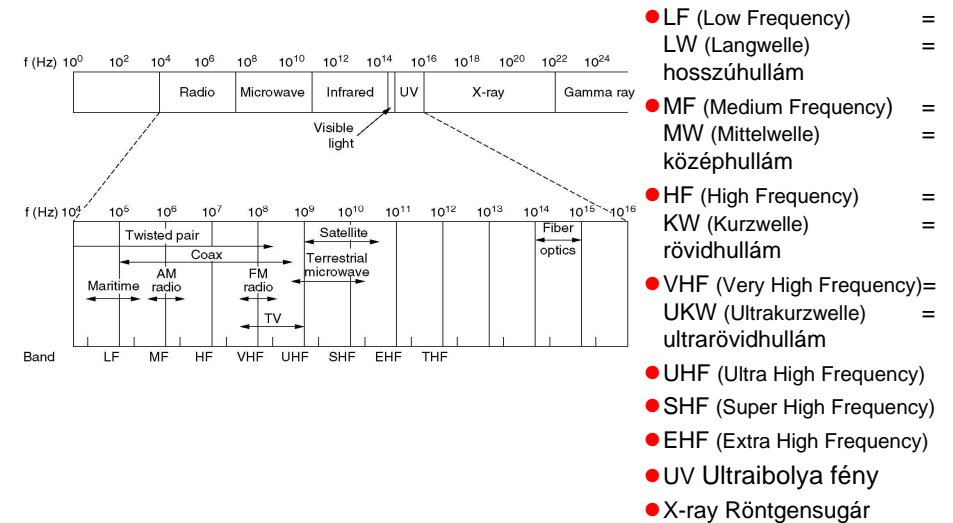
Egy passzív csillagkapcsolat egy optikai hálózatban



## Az elektromágneses spektrum



## Frekvencia tartományok



## Frekvencia tartományok rádió kommunikációhoz

- VHF/UHF mobil kommunikáció
  - Problémák az antenna hossza miatt
- SHF irányított antennák, Satellit-kommunikáció
- Vezetéknélküli (Wireless) LAN: UHF-tól SHF-ig
  - Tervben: EHF
- Látható fény
  - Kommunikáció Laser által
- Infravörös
  - TV távirányító
  - Lokális LAN zárt irodákban