



# Fizikai és adatkapcsolati réteg

Dr. Bilicki Vilmos  
Szoftverfejlesztés Tanszék

A fóliákhoz felhasznált anyagok:

Computer Networking: A Top Down Approach , 7th edition Jim Kurose, Keith Ross  
Pearson/Addison Wesley, April 2016

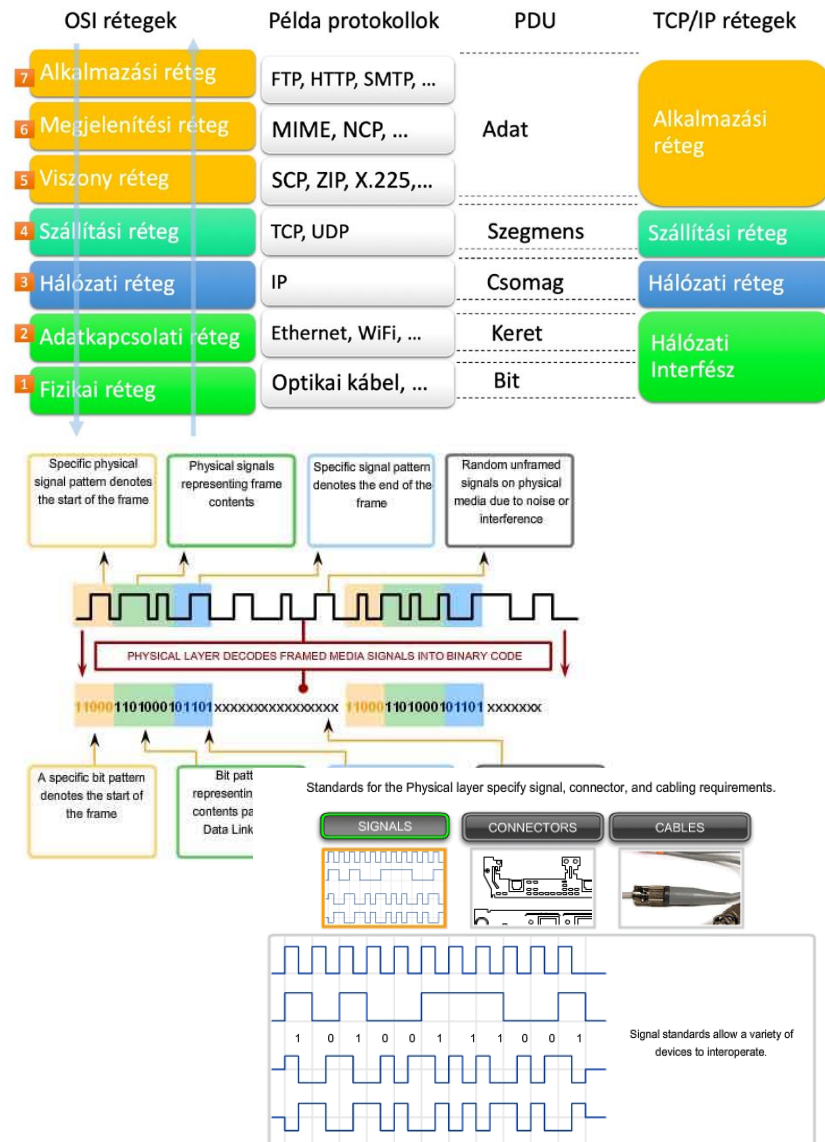
# Áttekintés

- ▶ **Bevezetés**
  - Fizikai és Adatkapcsolati rétegek az OSI modellben
  - Kulcsfunkciók áttekintése
- ▶ **Fizikai Réteg Alapjai**
  - Adatátviteli módok
  - Fizikai átviteli közegek
  - Modulációs technikák
  - Nyquist és Shannon tételek
- ▶ **Adatkapcsolati Protokollok és Hibakezelés**
  - MAC alréteg funkciói
  - Hibadetektálási és -javítási módszerek
  - HDLC és PPP protokollok áttekintése
- ▶ **Ethernet Technológia**
  - Ethernet szabványok áttekintése
  - CSMA/CD elv
  - Ethernet technológiák összehasonlítása
- ▶ **Adatkapcsolati Réteg Eszközei**
  - Kapcsolók működése és szerepe
  - MAC címtáblák és tanulási folyamat
- ▶ **Vezeték Nélküli Technológiák**
  - CSMA/CA Wi-Fi hálózatokban
  - Rejtett Terminál Probléma
  - Exponenciális Hátrálás algoritmus
- ▶ **Összehasonlítás és Következtetés**
  - Vezetékes vs Vezeték nélküli technológiák
  - Záró gondolatok és kérdések



# OSI Modell: Fizikai és Adatkapcsolati réteg

- ▶ **Fizikai Réteg Funkciói:**
  - Bitátvitel és -vétel
  - Kábel, csatlakozó, hálózati kártya specifikációk
  - Kódolás, jelzés, órajel szinkronizáció
  - Átviteli módok (szimplex, fél-duplex, full-duplex)
- ▶ **Adatkapcsolati Réteg Funkciói:**
  - Keretszervezés
  - MAC címezés
  - Hibadetektálás/javítás
  - Közeghozzáférés-vezérlés (pl. CSMA/CD)
- ▶ **Rétegek Közötti Kapcsolat:**
  - Fizikai: nyers bitátvitelt biztosít az Adatkapcsolati rétegnek
  - Adatkapcsolati: bitátvitelt kér, keretezést kezel
  - Fizikai: megvalósítja az Adatkapcsolati réteg által beállított átviteli módot



# Fizikai és Adatkapcsolati Rétegek

## ▶ Fizikai Réteg Kulcsfunkciói:

- Jeltovábbítás és vétel
- Bit szintű adatkezelés
- Fizikai közeg jellemzői
- Szinkronizáció

## ▶ Adatkapcsolati Réteg Kulcsfunkciói:

- Keretezés
- Fizikai címezés (MAC)
- Forgalm szabályozás
- Hibakezelés
- Hozzáférés-vezérlés

## ▶ Rétegek Összehasonlítása:

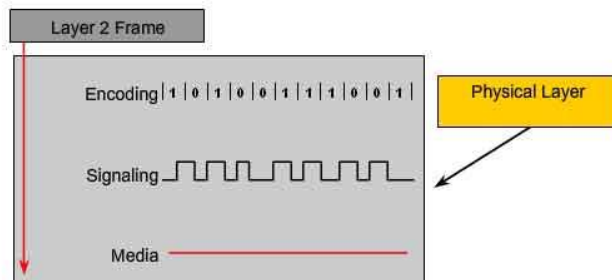
### ■ Fizikai Réteg:

- Feladata: Nyers bitek kezelése
- Címezés: Nincs
- Hibakezelés: Nincs (jelproblémák észlelése)

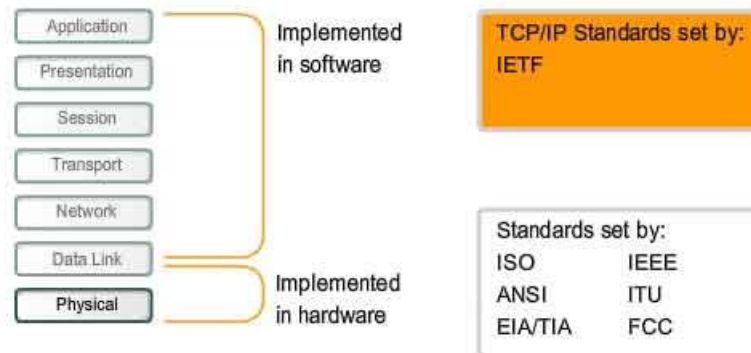
### ■ Adatkapcsolati Réteg:

- Feladata: Keretek kezelése
- Címezés: MAC címek
- Hibakezelés: Észlelés és néha javítás

Physical Layer Fundamental Principles



Comparison of Physical Layer Standards and Upper Layer Standards



# Áttekintés

- ▶ Bevezetés
  - Fizikai és Adatkapcsolati rétegek az OSI modellben
  - Kulcsfunkciók áttekintése
- ▶ Fizikai Réteg Alapjai
  - Adatátviteli módok
  - Fizikai átviteli közegek
  - Modulációs technikák
  - Nyquist és Shannon tételek
- ▶ Adatkapcsolati Protokollok és Hibakezelés
  - MAC alréteg funkciói
  - Hibadetektálási és -javítási módszerek
  - HDLC és PPP protokollok áttekintése
- ▶ Ethernet Technológia
  - Ethernet szabványok áttekintése
  - CSMA/CD elv
  - Ethernet technológiák összehasonlítása
- ▶ Adatkapcsolati Réteg Eszközei
  - Kapcsolók működése és szerepe
  - MAC címtáblák és tanulási folyamat
- ▶ Vezeték Nélküli Technológiák
  - CSMA/CA Wi-Fi hálózatokban
  - Rejtett Terminál Probléma
  - Exponenciális Hátrálás algoritmus
- ▶ Összehasonlítás és Következtetés
  - Vezetékes vs Vezeték nélküli technológiák
  - Záró gondolatok és kérdések



# Adatátviteli Módo

## Három Fő Átviteli Mód:

### ■ Simplex:

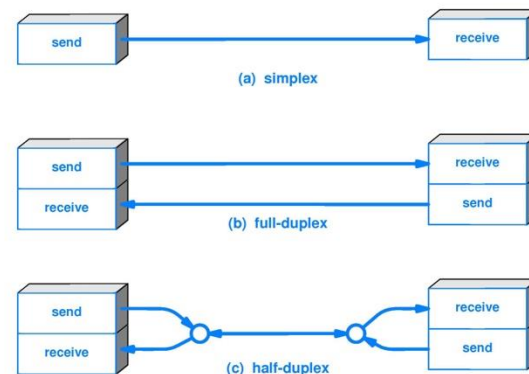
- Egyirányú kommunikáció
- Példa: TV-adás

### ■ Fél-Duplex:

- Kétirányú kommunikáció, egyszerre csak egy irányban
- Példa: Walkie-talkie

### ■ Full-Duplex:

- Kétirányú egyidejű kommunikáció
- Példa: Telefonbeszélgetés

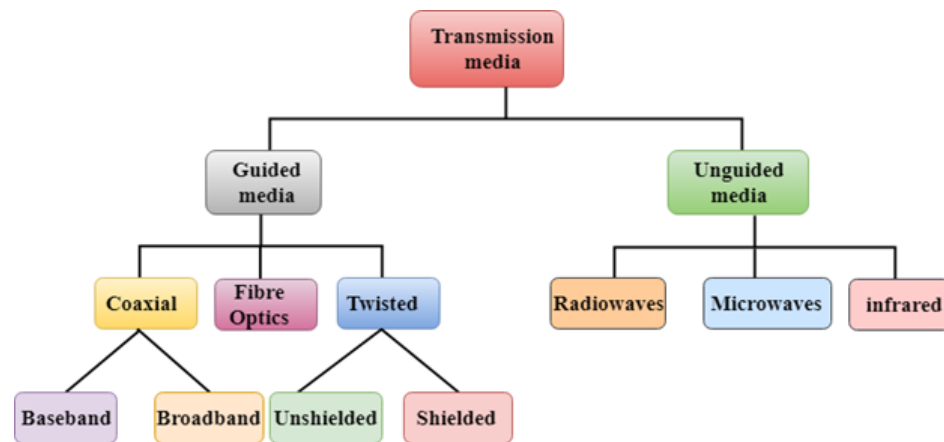


Jellemző	Simplex	Fél-Duplex	Full-Duplex
Írány	Egyirányú	Kétirányú	Kétirányú
Egyidejűség	Nem	Nem	Igen
Hatékonyság	Alacsony	Közepes	Magas
Összetettség	Alacsony	Közepes	Magas



# Fizikai Átviteli Közegek

- ▶ Réz Vezeték:
  - Sodrott érpár (UTP, STP)
  - Koaxiális kábel
  - Jellemzők: Megfizethető, érzékeny az elektromágneses interferenciára (EMI)
- ▶ Optikai Szál:
  - Egymódusú
  - Többmódusú
  - Jellemzők: Nagy sáv szélesség, alacsony csillapítás, EMI-re nem érzékeny
- ▶ Vezeték Nélküli:
  - Rádiófrekvenciák (WiFi, Mobilhálózat)
  - Infravörös
  - Műholdas
  - Jellemzők: Mobilitás, változó megbízhatóság



Jellemző	Réz	Optikai	Vezeték Nélküli
Sáv szélesség	Közepes	Nagyon magas	Magas
Távolság	Rövid	Hosszú	Változó
Költség	Alacsony	Magas	Közepes
EMI Érzékenység	Magas	Nincs	Közepes
Telepítés	Könnyű	Nehéz	Könnyű



# Moduláció: Konceptió és Jelentőség

## ▶ Moduláció Definíciója:

- Az információ kódolásának folyamata egy vivőjelre
- Lehetővé teszi az adatok hatékony átvitelét különböző közegeken

## ▶ A Moduláció Kulcselemei:

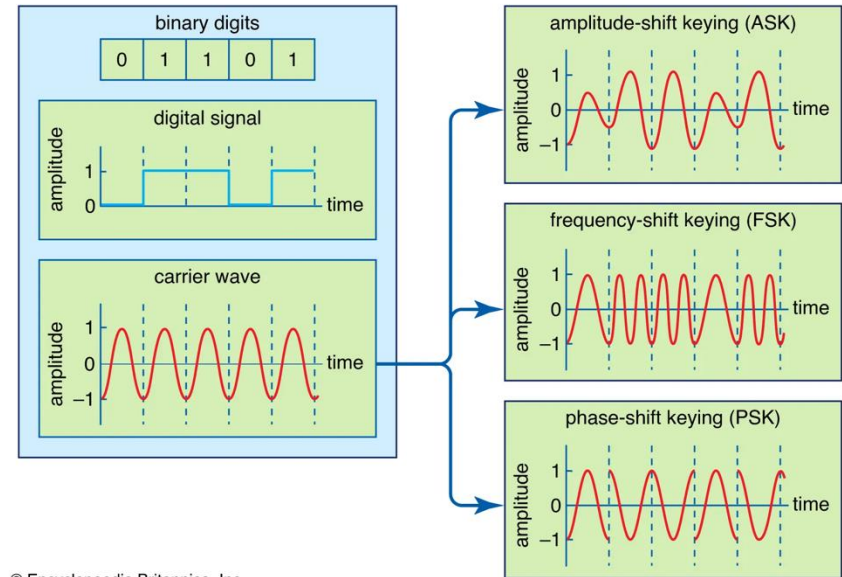
- Vivőjel: Nagy frekvenciájú hullám, amely az információt hordozza
- Információs jel: Az átviendő adat
- Modulált jel: A vivőjel és az információ kombinálásának eredménye

## ▶ Jelentősége az Adatátvitelben:

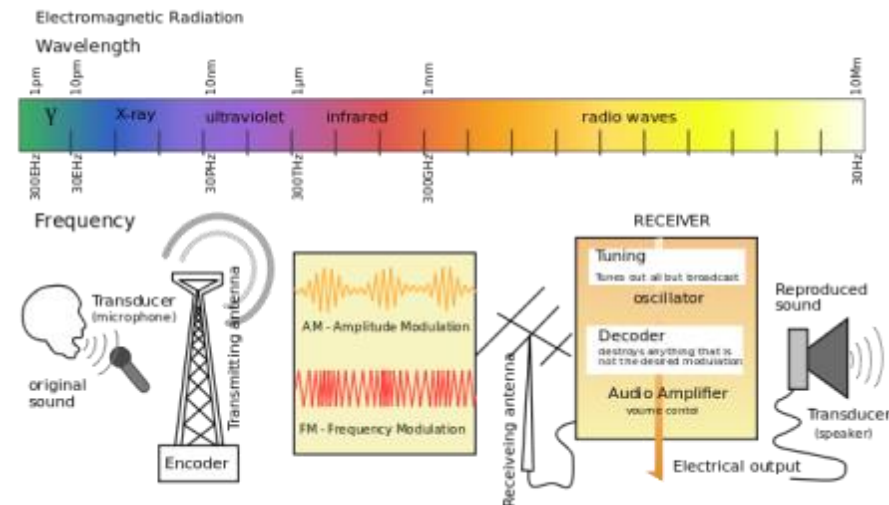
- Lehetővé teszi a nagy távolságú kommunikációt
- Több jel átvitelét teszi lehetővé ugyanazon a közegen (multiplexálás)
- A jelet az átviteli közeg jellemzőihez igazítja
- Javítja a jel-zaj arányt

## ▶ Alapvető Modulációs Technikák:

- Amplitúdó Moduláció (AM)
- Frekvencia Moduláció (FM)
- Fázis Moduláció (PM)



© Encyclopaedia Britannica, Inc.





# Nyquist és Shannon Tételek

## ► Nyquist Tétel:

- Maximális adatsebesség =  $2 * B * \log_2(L)$
- Ahol:  $B$  = sávszélesség,  $L$  = jelszintek száma
- Ideális eset: nincs zaj, korlátozott sávszélesség
- A szimbólumok közötti interferenciára fókuszál

## ► Shannon Tétel:

- Csatornkapacitás =  $B * \log_2(1 + S/N)$
- Ahol:  $B$  = sávszélesség,  $S/N$  = jel-zaj viszony
- Figyelembe veszi a zaj hatását a csatornkapacitásra
- Meghatározza az elméleti maximális adatsebességet

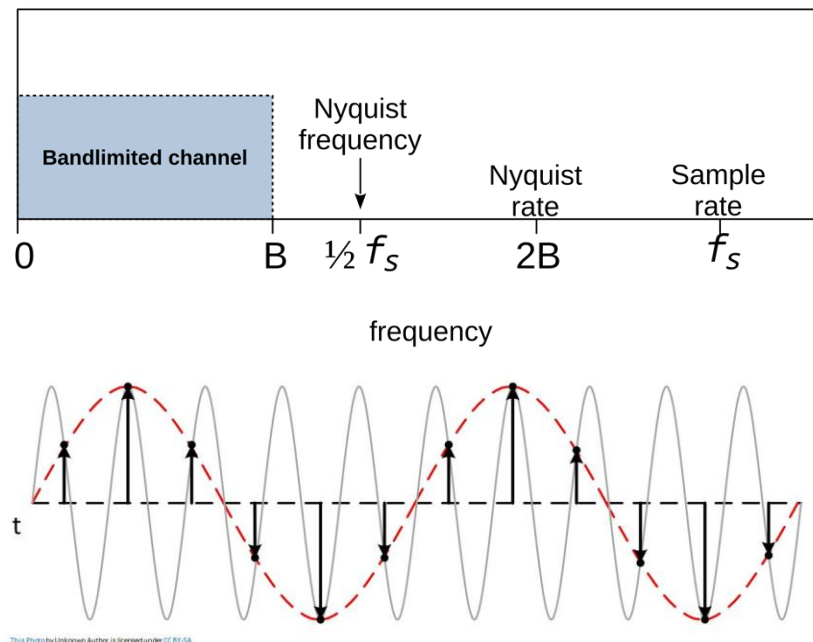
## ► Jelentőségük:

- Nyquist: Felső korlát zajmentes csatornán
- Shannon: Felső korlát zajos csatornán
- Mindkettő kulcsfontosságú a csatoma korlátainak megértéséhez

## ► Gyakorlati Következmények:

- Iránymutatás kommunikációs rendszerek tervezéséhez
- Segítség az elérhető adatsebességek becslésében
- Alapot nyújt a modern hibajavító kódokhoz

Relationship of Nyquist frequency & rate (example)



# Áttekintés

- ▶ Bevezetés
  - Fizikai és Adatkapcsolati rétegek az OSI modellben
  - Kulcsfunkciók áttekintése
- ▶ Fizikai Réteg Alapjai
  - Adatátviteli módok
  - Fizikai átviteli közegek
  - Modulációs technikák
  - Nyquist és Shannon tételek
- ▶ Adatkapcsolati Protokollok és Hibakezelés
  - MAC alréteg funkciói
  - Hibadetektálási és -javítási módszerek
  - HDLC és PPP protokollok áttekintése
- ▶ Ethernet Technológia
  - Ethernet szabványok áttekintése
  - CSMA/CD elv
  - Ethernet technológiák összehasonlítása
- ▶ Adatkapcsolati Réteg Eszközei
  - Kapcsolók működése és szerepe
  - MAC címtáblák és tanulási folyamat
- ▶ Vezeték Nélküli Technológiák
  - CSMA/CA Wi-Fi hálózatokban
  - Rejtett Terminál Probléma
  - Exponenciális Hátrálás algoritmus
- ▶ Összehasonlítás és Következtetés
  - Vezetékes vs Vezeték nélküli technológiák
  - Záró gondolatok és kérdések



# Vezetékes vs Vezeték Nélküli Technológiák: Összehasonlító Elemzés

Szempont

Sebesség

Megbízhatóság

Biztonság

Hatótávolság

Mobilitás

Telepítés

Interferencia

Költség

Vezetékes

Általában gyorsabb

Stabilabb

Biztonságosabb

Kábelhossztól korlátozott

Korlátozott

Összetettebb

Minimális

Magasabb kezdeti költség

Vezeték Nélküli

Fejlődő, de gyakran lassabb

Interferencia befolyásolhatja

Sebezhetőbb a támadásokkal szemben

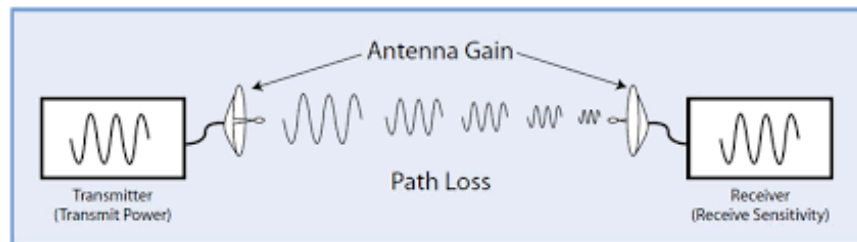
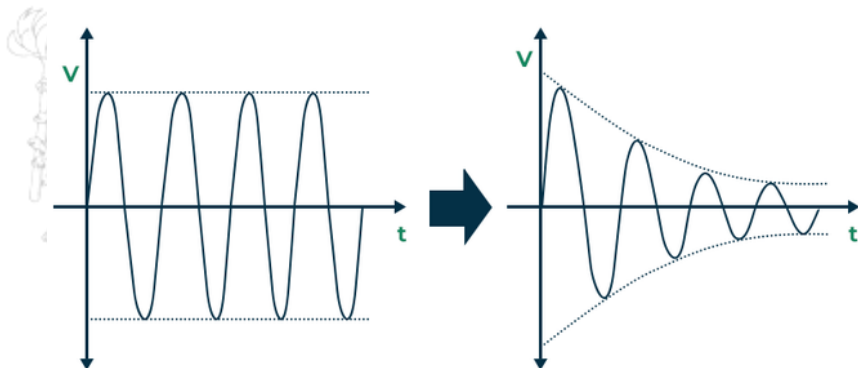
Változó, kiterjedt lehet

Magas

Könnyebb és rugalmasabb

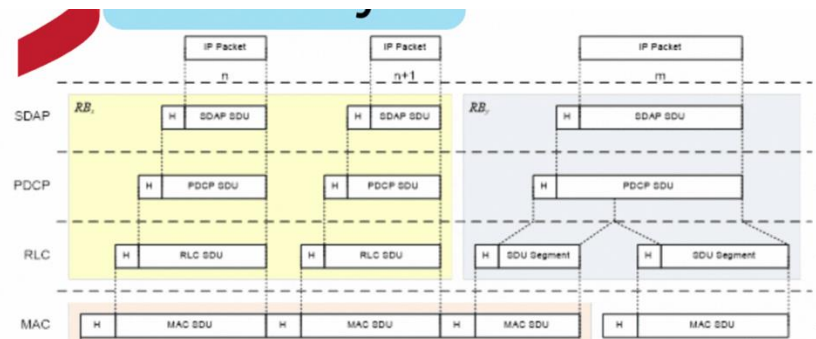
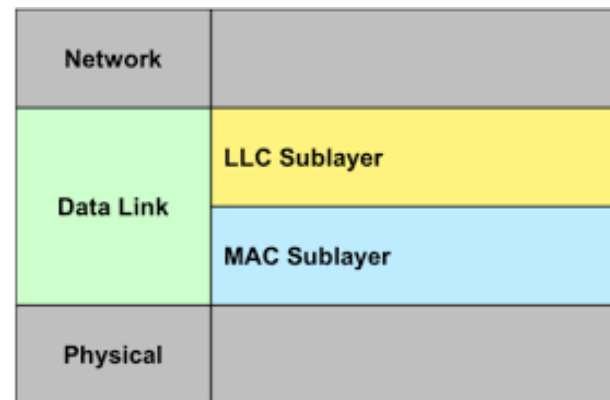
Különböző forrásokra érzékeny

Alacsonyabb kezdeti költség, hosszú távon változhat



# MAC Alréteg: Szerepe és Funkciói az Adatkapcsolati Rétegben

- ▶ MAC Alréteg: Az Adatkapcsolati Réteg alsó része
- ▶ Címzés
  - MAC címek (48 bites) kezelése
  - Hálózati interfészek egyedi azonosításának biztosítása
- ▶ Keretképzés
  - Fejléc és záró rész hozzáadása az adatokhoz
  - Szabványos keretformátum létrehozása
- ▶ Közeghozzáférés-vezérlés
  - Megosztott közeghez való hozzáférés kezelése (pl. CSMA/CD, CSMA/CA)
  - Átvitelek koordinálása az ütközések elkerülése érdekében
- ▶ Hibadetektálás
  - CRC (Ciklikus Redundancia-ellenőrzés) megvalósítása
  - Sérült keretek azonosítása
- ▶ További Felelősségek:
  - Forgalomszabályozás
  - Nyugtázás és újraküldés (egyes protokollokban)
- ▶ Jelentősége:
  - Híd a Fizikai és Hálózati rétegek között
  - Megbízható pont-pont és pont-többpont kapcsolatok biztosítása



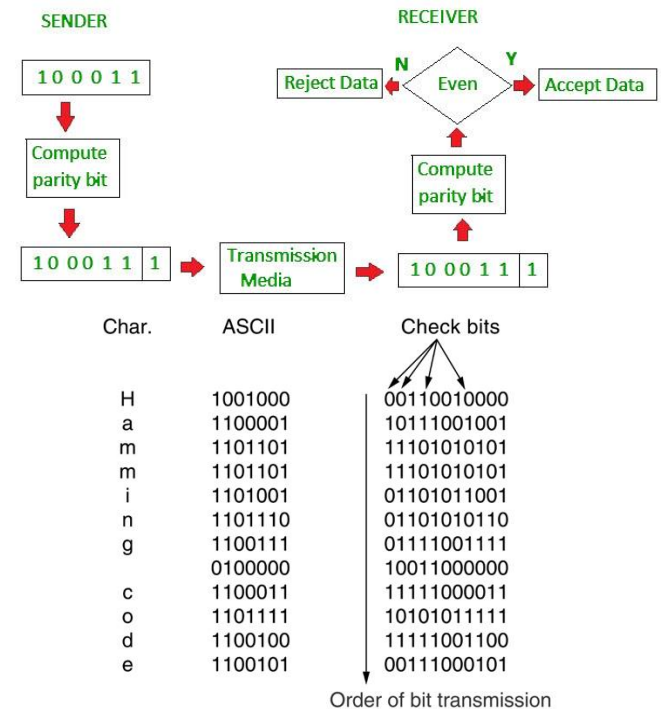
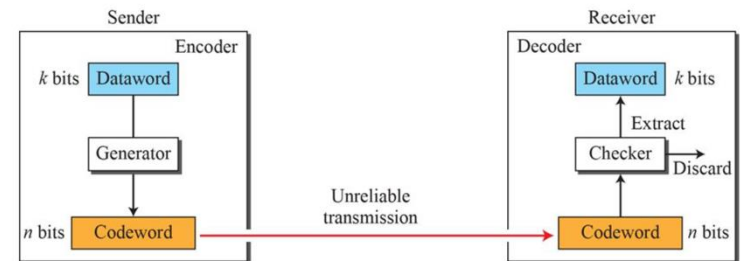
# Hibadetektálás és javítás

## ▶ Hibadetektálási módszerek:

- Paritás ellenőrzés
  - Egyszerű, de korlátozott
  - Páratlan számú hibát képes észlelni
- Ellenőrzőösszeg
  - TCP/IP-ben használatos
  - Közepes komplexitás és hatékonyság
- Ciklikus Redundancia Ellenőrzés (CRC)
  - Leggyakoribb az adatkapcsolati rétegben
  - Nagyon hatékony a csoportos hibák esetén

## ▶ Hibajavítási módszerek:

- Automatikus Ismétlési Kérés (ARQ)
  - Stop-and-Wait ARQ
  - Go-Back-N ARQ
  - Szelektív Ismétlés ARQ
- Előre Irányuló Hibajavítás (FEC)
  - Hamming-kód
  - Reed-Solomon kód



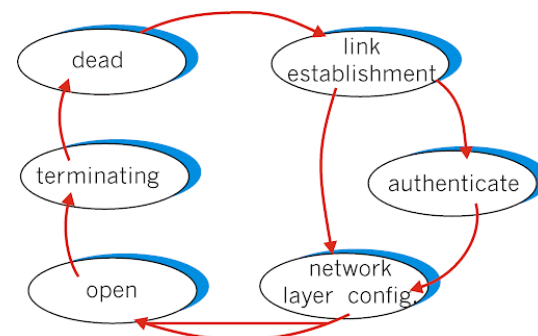
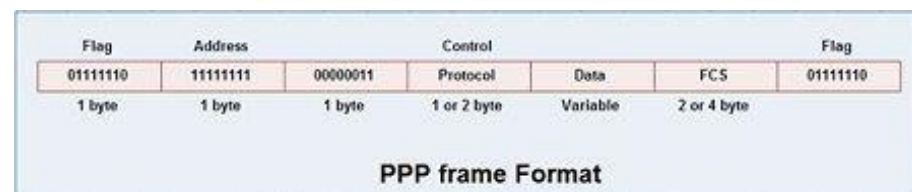
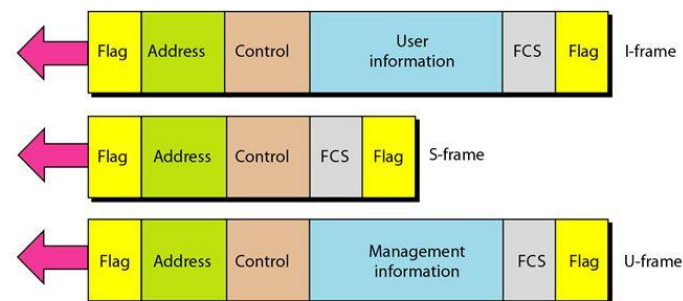
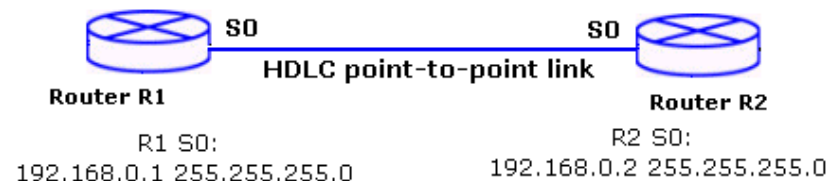
# HDLC és PPP Protokollok: Rövid Áttekintés

## ► HDLC (Magas Szintű Adatkapcsolati Vezérlés):

- Bitorientált protokoll
- Pont-pont és többpontos kapcsolatokhoz használható
- Jellemzők:
  - Full-duplex kommunikáció
  - Hiba- és folyamatvezérlés
  - Szinkron működés

## ► PPP (Pont-Pont Protokoll):

- A SLIP (Soros Vonalis Internet Protokoll) utódja
- Két csomópont közötti közvetlen kapcsolatokhoz használt
- Jellemzők:
  - Hitelesítés (PAP, CHAP)
  - Több hálózati réteg protokoll támogatása
  - Fejléc tömörítés



# Áttekintés

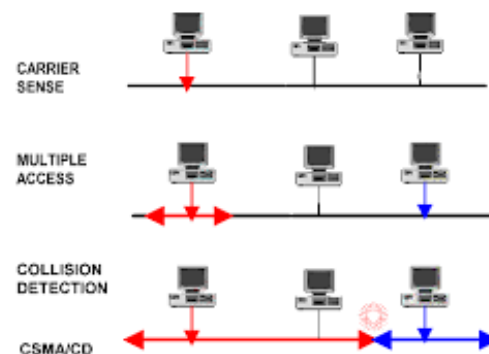
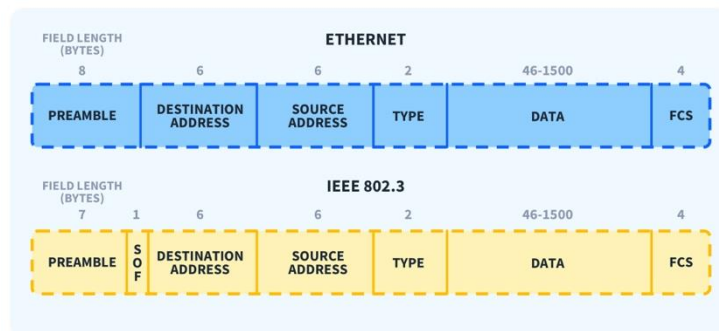
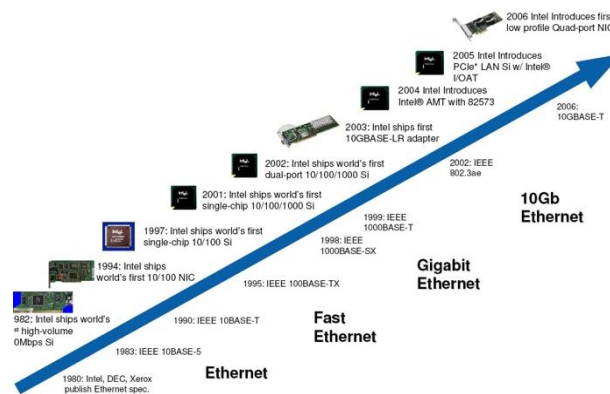
- ▶ Bevezetés
  - Fizikai és Adatkapcsolati rétegek az OSI modellben
  - Kulcsfunkciók áttekintése
- ▶ Fizikai Réteg Alapjai
  - Adatátviteli módok
  - Fizikai átviteli közegek
  - Modulációs technikák
  - Nyquist és Shannon tételek
- ▶ Adatkapcsolati Protokollok és Hibakezelés
  - MAC alréteg funkciói
  - Hibadetektálási és -javítási módszerek
  - HDLC és PPP protokollok áttekintése
- ▶ Ethernet Technológia
  - Ethernet szabványok áttekintése
  - CSMA/CD elv
  - Ethernet technológiák összehasonlítása
- ▶ Adatkapcsolati Réteg Eszközei
  - Kapcsolók működése és szerepe
  - MAC címtáblák és tanulási folyamat
- ▶ Vezeték Nélküli Technológiák
  - CSMA/CA Wi-Fi hálózatokban
  - Rejtett Terminál Probléma
  - Exponenciális Hátrálás algoritmus
- ▶ Összehasonlítás és Következtetés
  - Vezetékes vs Vezeték nélküli technológiák
  - Záró gondolatok és kérdések





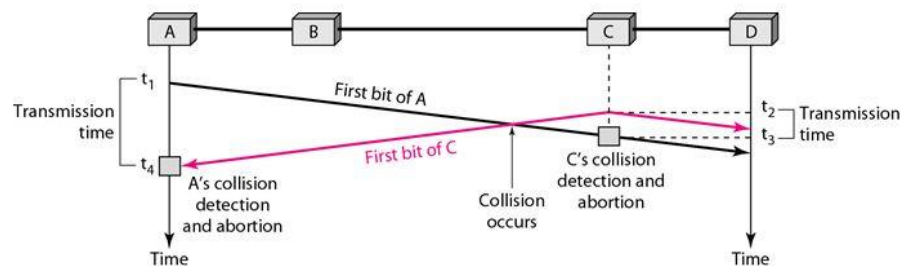
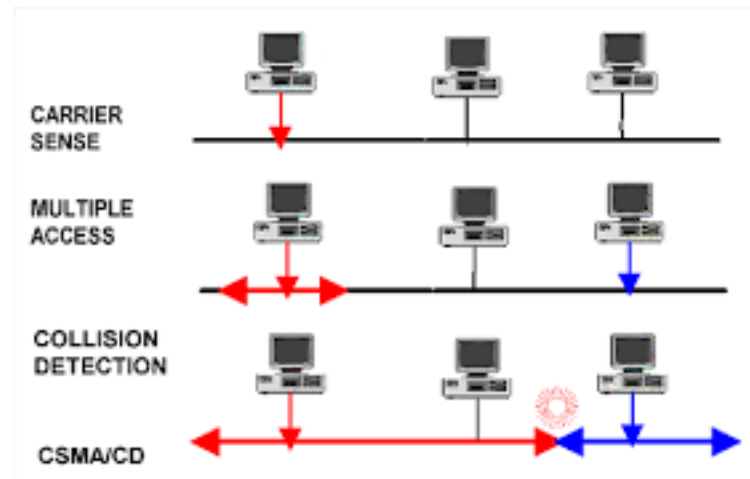
# Ethernet: Alapvető Konceptciók

- ▶ Ethernet Alapok:
  - Keret-alapú, osztott közegű hálózati technológia
  - CSMA/CD-t használ a közeghozzáférés vezérlésére
  - IEEE 802.3 által szabványosított
- ▶ Kulcsfontosságú Összetevők:
  - MAC címezés
  - Keretszerkezet
  - Fizikai jelzés
- ▶ Szabványok Fejlődése:
  - Sebesség: 10 Mbps → 100 Mbps → 1 Gbps → 10 Gbps → 100 Gbps
  - Átviteli közeg: Koaxiális → Sodrott érpár → Optikai szál
  - Topológia: Busz → Csillag → Kapcsolt



# CSMA/CD: Elv és Működés

- ▶ CSMA/CD: Vivőjel-érzékeléses  
Többszörös Hozzáférés  
Ütközésérzékeléssel
- ▶ Fő Összetevők:
  - Vivőjel-érzékelés (CS): Adás előtt figyelés
  - Többszörös Hozzáférés (MA): Megosztott közeg
  - Ütközésérzékelés (CD): Ütközések észlelése és kezelése
- ▶ CSMA/CD Folyamat:
  - Vivőjel figyelése
  - Ha a közeg szabad, adás
  - Adás közben folyamatos figyelés
  - Ha ütközés észlelhető:
    - Adás leállítása
    - Torlódási jel küldése
    - Véletlen ideig várakozás (hátrálás)
    - Adás újrapróbálása



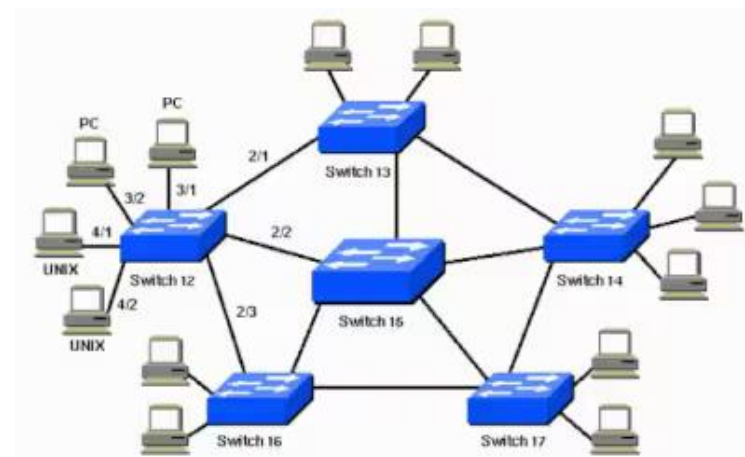
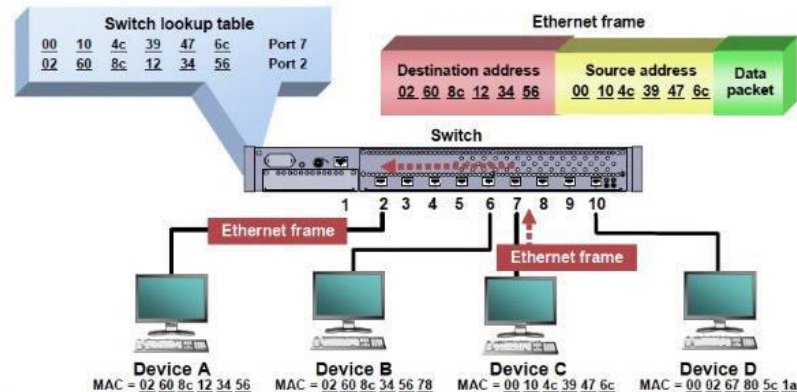
# Áttekintés

- ▶ Bevezetés
  - Fizikai és Adatkapcsolati rétegek az OSI modellben
  - Kulcsfunkciók áttekintése
- ▶ Fizikai Réteg Alapjai
  - Adatátviteli módok
  - Fizikai átviteli közegek
  - Modulációs technikák
  - Nyquist és Shannon tételek
- ▶ Adatkapcsolati Protokollok és Hibakezelés
  - MAC alréteg funkciói
  - Hibadetektálási és -javítási módszerek
  - HDLC és PPP protokollok áttekintése
- ▶ Ethernet Technológia
  - Ethernet szabványok áttekintése
  - CSMA/CD elv
  - Ethernet technológiák összehasonlítása
- ▶ Adatkapcsolati Réteg Eszközei
  - Kapcsolók működése és szerepe
  - MAC címtáblák és tanulási folyamat
- ▶ Vezeték Nélküli Technológiák
  - CSMA/CA Wi-Fi hálózatokban
  - Rejtett Terminál Probléma
  - Exponenciális Hátrálás algoritmus
- ▶ Összehasonlítás és Következtetés
  - Vezetékes vs Vezeték nélküli technológiák
  - Záró gondolatok és kérdések



# Kapcsoló Működése és Szerepe a Hálózatokban

- ▶ Kapcsoló: 2. rétegbeli (Adatkapcsolati) eszköz hálózati szegmensek összekapcsolására
- ▶ Fő Funkciók:
  - Keretek továbbítása
  - MAC címek tanulása
  - Forgalom szegmentálása
- ▶ Működési Elvek:
  - Bejövő keretek célállomás MAC címeinek vizsgálata
  - Keretek továbbítása csak a releváns portokra
  - MAC cím-port összerendelések tárolása CAM táblában
- ▶ Előnyök a Hálózatokban:
  - Javított hálózati teljesítmény
  - Csökkentett ütközések
  - Fokozott biztonság (forgalom elkülönítés)
  - Támogatja a full-duplex kommunikációt



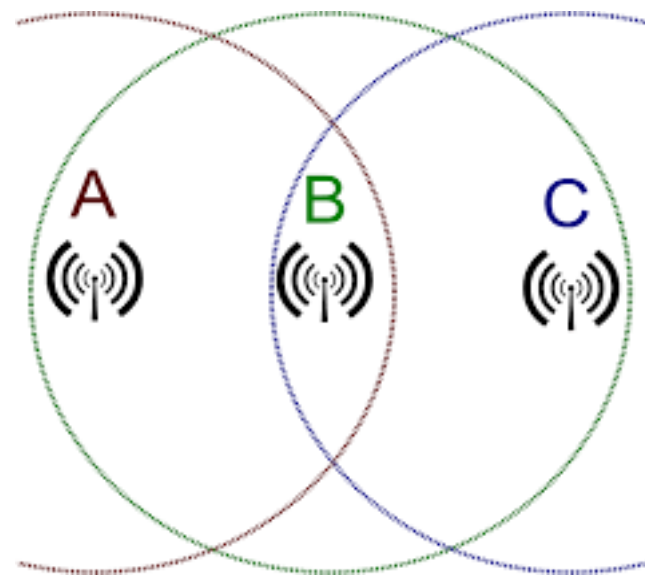
# Áttekintés

- ▶ Bevezetés
  - Fizikai és Adatkapcsolati rétegek az OSI modellben
  - Kulcsfunkciók áttekintése
- ▶ Fizikai Réteg Alapjai
  - Adatátviteli módok
  - Fizikai átviteli közegek
  - Modulációs technikák
  - Nyquist és Shannon tételek
- ▶ Adatkapcsolati Protokollok és Hibakezelés
  - MAC alréteg funkciói
  - Hibadetektálási és -javítási módszerek
  - HDLC és PPP protokollok áttekintése
- ▶ Ethernet Technológia
  - Ethernet szabványok áttekintése
  - CSMA/CD elv
  - Ethernet technológiák összehasonlítása
- ▶ Adatkapcsolati Réteg Eszközei
  - Kapcsolók működése és szerepe
  - MAC címtáblák és tanulási folyamat
- ▶ Vezeték Nélküli Technológiák
  - CSMA/CA Wi-Fi hálózatokban
  - Rejtett Terminál Probléma
  - Exponenciális Hátrálás algoritmus
- ▶ Összehasonlítás és Következtetés
  - Vezetékes vs Vezeték nélküli technológiák
  - Záró gondolatok és kérdések



# A Rejtett Terminál Probléma

- ▶ Rejtett Terminál Probléma:
  - Akkor fordul elő, amikor egy vezeték nélküli csomópont látható egy vezeték nélküli hozzáférési pontból (AP), de más, ugyanazzal az AP-vel kommunikáló csomópontok számára nem látható
- ▶ Következmények:
  - Megnövekedett ütközések
  - Csökkent hálózati áteresztőképesség
  - A vezeték nélküli közeg nem hatékony kihasználása
- ▶ Megoldás: RTS/CTS Mechanizmus
  - RTS: Küldési Kérelem
  - CTS: Küldés Engedélyezve



# CSMA/CA Wi-Fi Hálózatokban

- ▶ CSMA/CA: Vivőjel-érzékeléses Többszörös Hozzáférés Ütközésselkerüléssel

- ▶ Fő Összetevők:

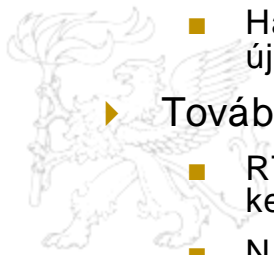
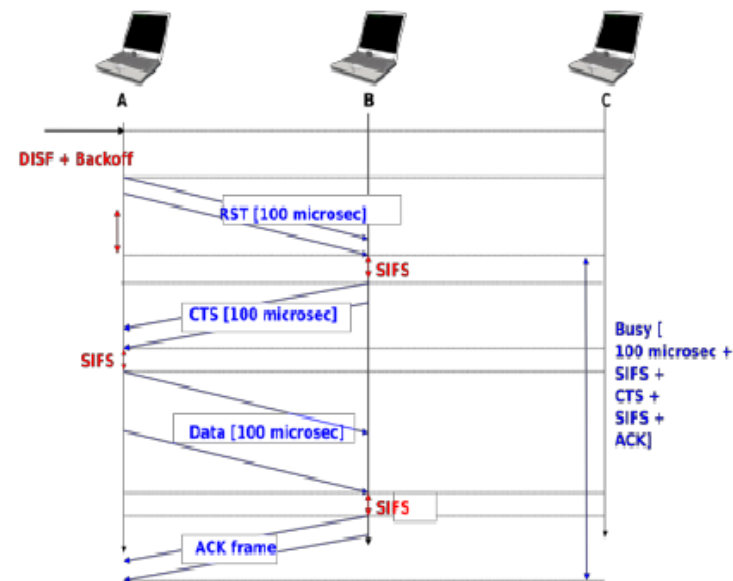
- Vivőjel-érzékelés (CS): Adás előtt figyelés
- Többszörös Hozzáférés (MA): Megosztott vezeték nélküli közeg
- Ütközésselkerülés (CA): Ütközések proaktív megelőzése

- ▶ CSMA/CA Folyamat:

- Csatorna tétlenségi idejének figyelése (DIFS)
- Ha szabad, véletlen visszalépési időzítő indítása
- Adás az időzítő lejártakor, ha még mindig szabad
- Vevő ACK-t küld, ha a keretet helyesen fogadta
- Ha nincs ACK, ütközést feltételez és újrapróbálkozik

- ▶ További Mechanizmusok:

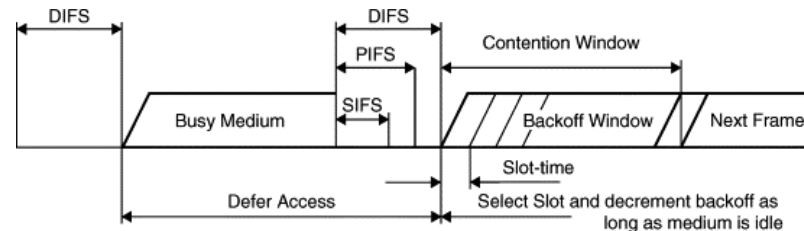
- RTS/CTS a rejtett terminál probléma kezelésére
- NAV (Hálózati Foglaltsági Vektor) virtuális vivőjel-érzékeléshez



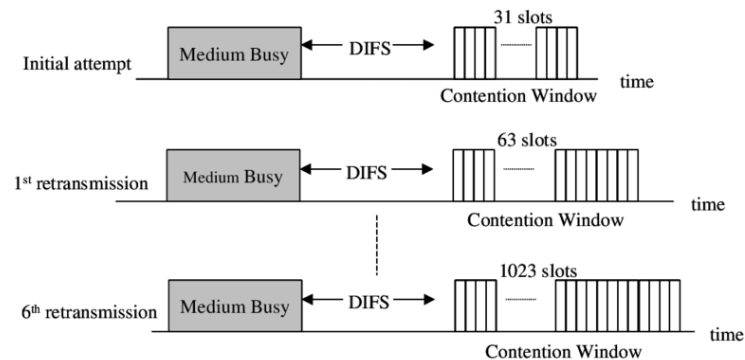


# Exponenciális Visszalépés

- ▶ Exponenciális Visszalépés:
  - Ütközés-feloldó mechanizmus a CSMA/CA-ban
  - Adaptív késleltetés az újraküldési kísérletek előtt
- ▶ Algoritmus lépései:
  - Kezdeti versenyablak (CW) méret beállítása
  - Véletlen hátrálási idő generálása a CW-n belül
  - Ha ütközés történik:
    - CW méret duplázása (maximumig)
    - Új véletlen hátrálási idő generálása
    - Ismétlés sikeres küldésig vagy max. próbálkozásig



- ▶ Fő jellemzők:
  - Adaptív: Alkalmazkodik a hálózati torlódáshoz
  - Véletlen: Csökkenti az ismételt ütközések esélyét
  - Korlátozott: Maximum hátrálás az éhezés elkerülésére
- ▶ Előnyök:
  - Csökkenti az ütközési valószínűséget forgalmas hálózatokban
  - Javítja az általános hálózati hatékonyságot
  - Méltányos hozzáférést biztosít minden csomópontnak
- ▶ Korlátok:
  - Növelheti a késleltetést
  - Néhány esetben méltánytalan csatorna-hozzáférést eredményezhet



# Áttekintés

- ▶ Bevezetés
  - Fizikai és Adatkapcsolati rétegek az OSI modellben
  - Kulcsfunkciók áttekintése
- ▶ Fizikai Réteg Alapjai
  - Adatátviteli módok
  - Fizikai átviteli közegek
  - Modulációs technikák
  - Nyquist és Shannon tételek
- ▶ Adatkapcsolati Protokollok és Hibakezelés
  - MAC alréteg funkciói
  - Hibadetektálási és -javítási módszerek
  - HDLC és PPP protokollok áttekintése
- ▶ Ethernet Technológia
  - Ethernet szabványok áttekintése
  - CSMA/CD elv
  - Ethernet technológiák összehasonlítása
- ▶ Adatkapcsolati Réteg Eszközei
  - Kapcsolók működése és szerepe
  - MAC címtáblák és tanulási folyamat
- ▶ Vezeték Nélküli Technológiák
  - CSMA/CA Wi-Fi hálózatokban
  - Rejtett Terminál Probléma
  - Exponenciális Hátrálás algoritmus
- ▶ Összehasonlítás és Következtetés
  - Vezetékes vs Vezeték nélküli technológiák
  - Záró gondolatok és kérdések



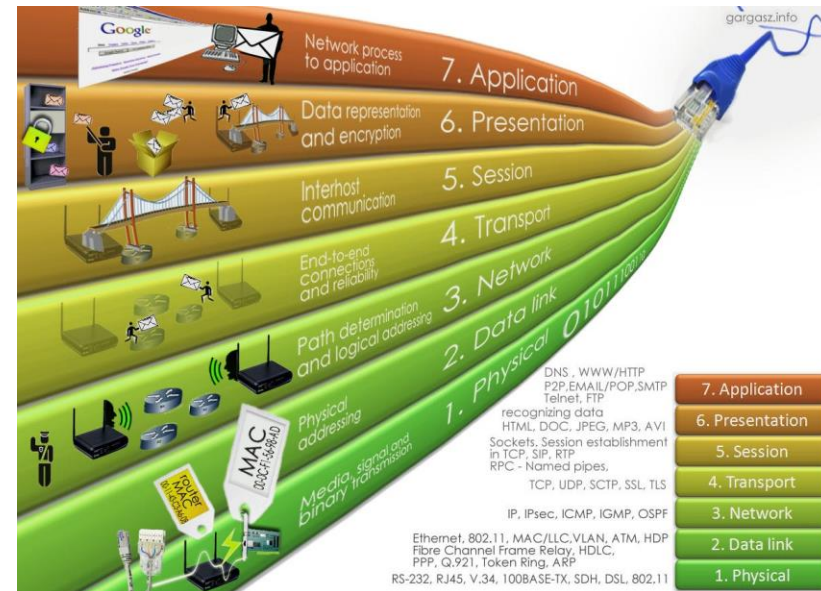
# Záró Gondolatok és Kérdések

## ► Fő Tanulságok:

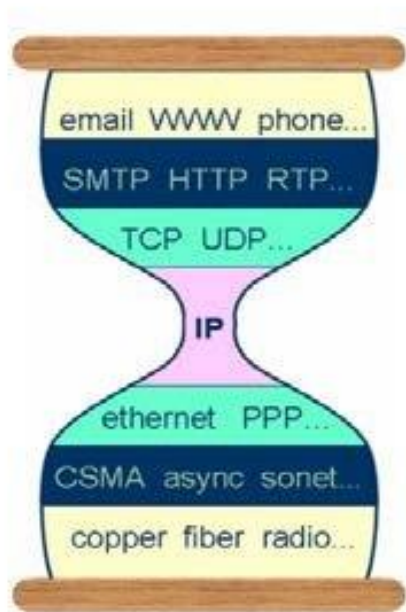
- A fizikai és adatkapcsolati rétegek adják a hálózati kommunikáció alapját.
- Sokféle technológia létezik mind vezetékes, mind vezeték nélküli hálózatokhoz.
- Minden technológiának megvannak az erősségei és ideális felhasználási területei.

## ► Jövőbeli Irányok:

- A vezetékes és vezeték nélküli technológiák integrációja
- A vezeték nélküli technológiák sebességének és megbízhatóságának fejlődése
- Az alsóbb rétegek biztonságának növekvő fontossága



# A következő előadás



Bits					
0	4	8	16	19	31
Version	Length	Type of Service	Total Length		
Identification			Flags	Fragment Offset	
Time to Live		Protocol	Header Checksum		
Source Address					
Destination Address					
Options					
Data					