

# Számítógépes Hálózatok és Internet Eszközök

2007

## 12. Adatkapcsolati réteg, MAC alréteg – Ethernet, WiFi

## MAC alréteg

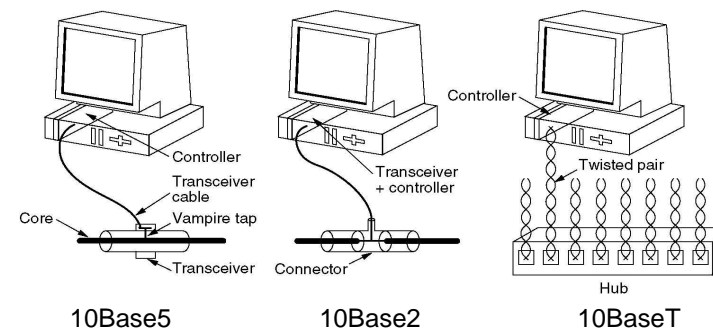
- Statikus Multiplexálás
- Dinamikus csatorna foglalás
  - Kollízió alapú protokollok
  - Verseny-mentes protokollok (contention-free)
  - Protokollok korlátozott versennyel (limited contention)
- **Az Ethernet példája**
- A WiFi példája

## Az Ethernet példája

- Gyakorlati példa: Ethernet
  - IEEE 802.3 standard
- A IEEE 802.3 standard pontjai
  - Vezeték
  - Fizikai réteg
  - Adatkapcsolati réteg médium hozzáférés kontrollal

## Ethernet – Vezetékek

Name	Cable	Max. seg.	Nodes/seg.	Advantages
10Base5	Thick coax	500 m	100	Original cable; now obsolete
10Base2	Thin coax	185 m	30	No hub needed
10Base-T	Twisted pair	100 m	1024	Cheapest system
10Base-F	Fiber optics	2000 m	1024	Best between buildings

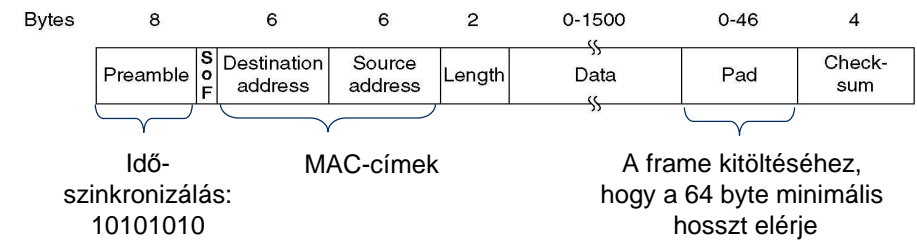


## Az Ethernet fizikai rétege

- Médiumtól függő
- Tipikusan: Manchester kód
  - +/- 0.85 V
- Kód megsértés jelzi a frame-ek határát

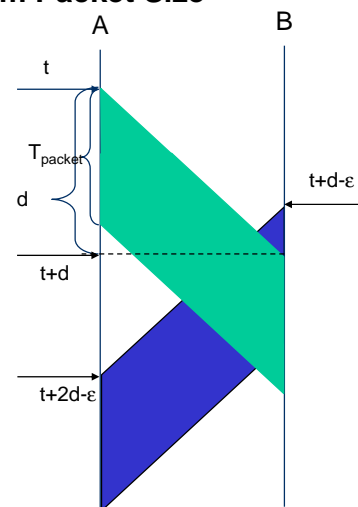
## Az Ethernet adatkapcsolati rétege, MAC alrétege

- Az állomások, melyek egy kábelhez csatlakoznak egy **ütközési tartományt (collision domain)** definiálnak.
  - minden kapcsolódó állomás hall mindent
- MAC: lényegében CSMA/CD, binary exponential backoff
- Frame formátum:



## Ethernet: Collision Detection -- Minimum Packet Size

- Ethernet minimum packet size = 64 byte = 512 bit
- Miért?
- Emlékezzünk, mi történik, ha két állomás A és B nagyon rövid frame-eket küldene
  - A küld egy csomagot
  - közvetlenül, mielőtt B észlelné ezt, B is elkezd küldeni
  - ez kollíziót okoz, amit B detektál
  - hogy A garantáltan detektálja ezt a kollíziót, az kell, hogy a csomag generálásához szükséges idő  $T_{\text{packet}} \geq 2d$
- Ha A és B a kábel két legtávolabbi pontján van:
  - $T_{\text{min packet size}} \geq 2 \times \text{max propagation delay}$



## Ethernet: End-to-End késés

- Miért 512 bit a minimális csomag méret?
- c kábelben = 60% \* c vákuumban =  $1.8 \times 10^8$  m/s
- 10Mbps Ethernet
  - A maximális konfigurált Ethernet hossza: 2,5km, ráta: 10Mbps
  - delay =  $2500 \text{ m} / 1,8 \times 10^8 \text{ m/s} \approx 12.5\mu\text{s}$
  - +bevezetett repeaterok (max. 4 repeater: max. 5 szegmens)
  - legrosszabb esetben:  $2 \times \text{max prop delay} 51.2\mu\text{s}$
- $51.2\mu\text{s} \times 10\text{Mbps} = 512\text{bit}$  tehát a minimális csomag méret (512 bit van éppen „úton” a kábelben)
  - 51.2 $\mu\text{s}$  után a küldőnek garantált az egyedüli hozzáférés a linkhez
  - 51.2 $\mu\text{s}$ : slot time az exponential backoff-ban

## Ethernet: Csomagméret

- Mi a helyzet a maximális csomagmérettel?
  - Szükséges ahhoz, hogy egy csomópont ne sajátíthassa ki a hálózatot
  - 1500 byte az Ethernet-ben

## Fast Ethernet

- Eredetileg az Ethernet 10 MBit/s átviteli rátát ért el
- Fast Ethernet
  - Cél: Hátrafele kompatibilitás
  - Eredmény: 802.3u Fast Ethernet (standard 1995)
- Fast Ethernet
  - Frame formátum, protokoll azonos maradt az eredetivel
  - A bitátviteli rátát 100 MBit/s-re növeli
  - Ennek következtében csökkenti a maximális kábelhosszt (és az egy szegmensen megengedett repeater-ek számát)

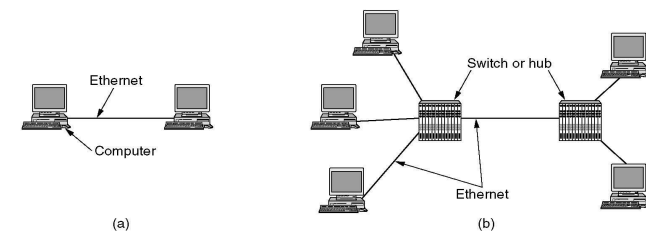
## Fast Ethernet – Vezetékek

Name	Cable	Max. segment	Advantages
100Base-T4	Twisted pair	100 m	Uses category 3 UTP
100Base-TX	Twisted pair	100 m	Full duplex at 100 Mbps
100Base-FX	Fiber optics	2000 m	Full duplex at 100 Mbps; long runs

- Standard category-3 twisted pair (telefon kábel) nem támogat 200 MBaud rátát 100 m-en (100Mbps Manchester kóddal)
  - Megoldás: 2 kábelpár csökkentett rátával
- Manchester helyett 4B/5B-kód Cat-5-kábelen

## Gigabit Ethernet

- Gigabit Ethernet
  - Cél: a korábbi Ethernet standard messzemenő átvétele
  - Eredmény: 802.3z Gigabit Ethernet (standard 1998)
- Ennek az ára: korlátozás pont-pont kapcsolatra,
  - Minden kábelhez pontosan két állomás kapcsolódik
    - vagy switch vagy hub



## Gigabit Ethernet

- Switch esetén
  - Nincs kollízió → CSMA/CD nem szükséges
  - Full-duplex operációt tesz lehetővé minden linken
- Hub esetén
  - Kollíziók, fél-duplex operáció (azaz váltakozva simplex), CSMA/CD
  - Max. kábelhossz 25 m
- Carrier Extension:
  - Az Ethernet kompatibilitás megtartása miatt a „minimum packet size” nem változott. Ehelyett a küldő hardware az 512 byte-nál rövidebb frame-eket saját kitöltő jeleivel kiegészíti 512 byte hosszúra (padding). Ezt a fogadó hardware eltávolítja. Ennek a módszernek a neve „Carrier Extension”.
- Frame bursting:
  - Több rövid frame-et „egybefűzve” vihet át. Az összhosszt kitölti 512 byte-ra

## Gigabit Ethernet – Vezetékek

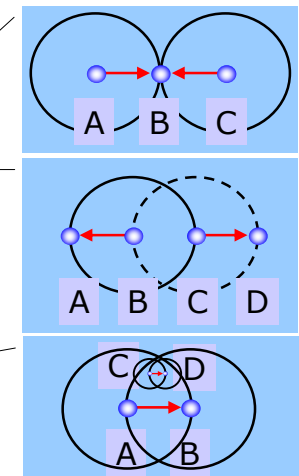
Name	Cable	Max. segment	Advantages
1000Base-SX	Fiber optics	550 m	Multimode fiber (50, 62.5 microns)
1000Base-LX	Fiber optics	5000 m	Single (10 $\mu$ ) or multimode (50, 62.5 $\mu$ )
1000Base-CX	2 Pairs of STP	25 m	Shielded twisted pair
1000Base-T	4 Pairs of UTP	100 m	Standard category 5 UTP

## MAC alréteg

- Statikus Multiplexálás
- Dinamikus csatorna foglalás
  - Kollízió alapú protokollok
  - Verseny-mentes protokollok (contention-free)
  - Protokollok korlátozott versennyel (limited contention)
- Az Ethernet példája
- **A WiFi példája**

## Wireless LAN (WLAN) Problémák

- Wireless LANs: vezeték nélküli (gyakran mobil) hálózatok
- Probléma: Interferencia
  - Hidden Terminal Problem
  - Exposed Terminal Problem
- Aszimmetria (változó hatótávolságok (range))

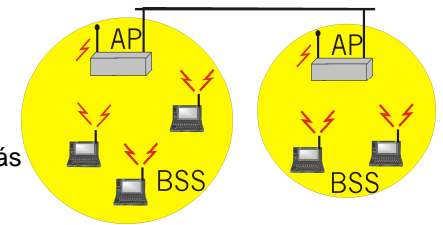


## IEEE 802.11 Wireless LAN

- IEEE 802.11 standard:
  - MAC protocol
  - unlicensed frequency spectrum (industrial, scientific and medical – ISM band): 2.4GHz
    - csatornákra osztott:
      - 13 csatorna Európában
      - 11 csatorna Észak Amerikában (az első 11 csatorna)
      - két szomszédos csatorna közép-frekvenciájának különbsége 5MHz
      - csatorna  $i$  és  $j$  részben átfedi egymást ha  $|i-j| < 5$
      - egymást részben átfedő csatornák egyidejű használata is interferenciát okoz

## IEEE 802.11 Wireless LAN

- Két un. **Basic Service Set (BSS)**:
  - **Infrastructure BSS**
    - wireless terminal
    - access point (AP): bázis állomás
  - **Ad Hoc BSS**
    - IEEE 802.11 állomások dinamikusan AP-ok nélkül is tudnak hálózatot képezni
- MAC:
  - Point Coordination Function (PCF): Verseny mentes hozzáférési mód
    - sokszor nem implementált
  - Distributed Coordination Function (DCF)
    - **CSMA/CA: CSMA with Collision Avoidance**



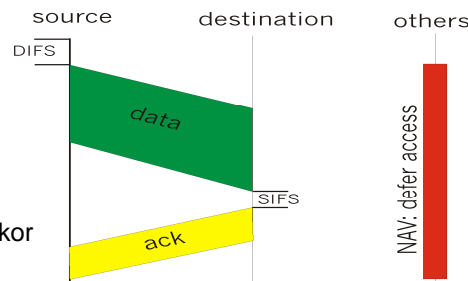
## IEEE 802.11 MAC Protokoll: CSMA/CA

### 802.11 CSMA küldő:

- Ha a csatornát szabadnak érzékeli **DIFS** által adott ideig, akkor
  - frame átvitelre kerül (nincs kollízió detektálás)
- Ha a csatorna foglalt, akkor
  - „binary backoff”

### 802.11 CSMA fogadó:

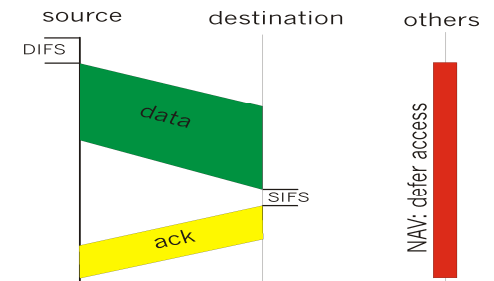
- Ha a frame fogadása rendben volt, akkor
  - visszaküld ACK-t **SIFS** idő után



## IEEE 802.11 MAC Protokoll

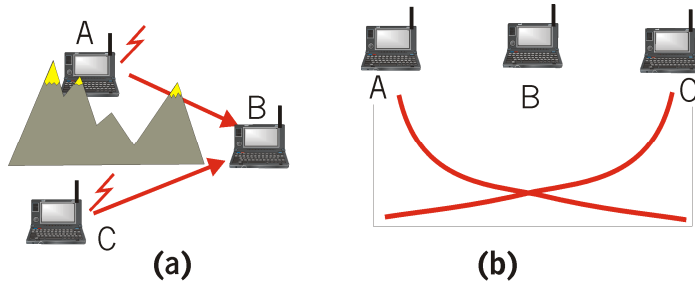
### Virtual Career Sensing

- Minden állomás nyilvántart egy **Network Allocation Vector-t (NAV)**
- 802.11 frame tartalmazza azt, hogy hány időegység (time slot) szükséges az átviteléhez (duration field). Erre az időre ez a frame „le foglalja” a csatornát
- Azok az állomások, melyek „hallják” ezt az átvitelt, nyilvántartják ezt az időt a NAV-ban. Ezek az állomások elhalasztják a csatornahozzáférést a NAV-ban nyilvántartott ideig



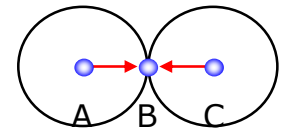
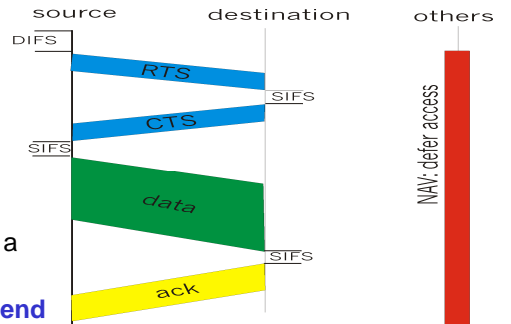
## Rejtett állomás (hidden terminal) jelenség

- **hidden terminals:** A és C nem hallja egymást
  - akadály, szignál elnyelődés
  - Ha egyszerre küldenek B-nek → kollízió
- Hogyan kezelhető ez a probléma?
- **CSMA/CA: CSMA** with **C**ollision **A**voidance



## Collision Avoidance: RTS-CTS

- **CSMA/CA:** explicit csatorna foglalás
  - **küldő:** amikor át akar vinni egy frame-et, küld egy rövid **request-to-send (RTS)** szignált
    - RTS tartalmazza a küldőt, a fogadót és
    - az időintervallumot, amelyre a csatornát lefoglalná
  - **fogadó:** válaszol egy **clear-to-send CTS** szignállal, amely tartalmazza a küldő címét és az időintervallumot
- CTS lefoglalja a csatornát a küldőnek: minden állomás, amely a hallja CTS-t (amely a küldő számára esetleg rejtett), tárolja az információt a NAV-ban
- Elkerüli a rejtett kollíziókat



## Collision Avoidance: RTS-CTS

- RTS és CTS rövid:
  - kollíziók valószínűsége kicsi
  - A végeredmény hasonló a collision detection eredményéhez
- IEEE 802.11 megengedi:
  - CSMA
  - CSMA/CA: explicit csatorna foglalás
  - polling az AP részéről

