

---

# **Metode de access la mediu de transmisie (multiplexare)**

# Multiple Access protocols

---

- Un canal comun de transmisie
- Doua sau mai multe transmisiuni simultane ale nodurilor din retea: Interferente
  - Numai daca un nod transmite, comunicatia este reusita;

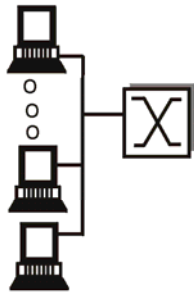
## *Ce trebuie sa rezolve: multiple access protocol*

- Cum sa imparta nodurile din retea canalul ? Cand poate un nod sa transmita ?
- Informatia de management trebuie si ea transmisa tot prin acelasi canal!!

# Multiple Access: Tipuri de legaturi

---

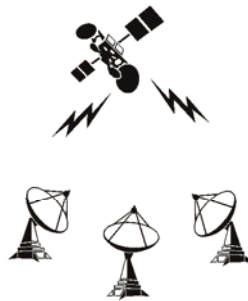
- point-to-point
  - PPP pentru dial-up
  - point-to-point legatura intre un switch and host
- **broadcast** (mediu/canal comun)
  - traditional Ethernet
  - 802.11 wireless LAN



shared wire  
(e.g. Ethernet)



shared wireless  
(e.g. Wavelan)



satellite



cocktail party

# Multiple Access Protocol

---

Situatia ideala, in cazul unui canal cu rata de transfer  $R$ :

1. Cand un nod vrea sa transmita, o face cu o rata  $R$ .
2. Cand  $M$  noduri vor sa transmita, fiecare o face cu o rata medie de  $R/M$
3. Fara un control global (un arbitru).
4. Implementare simpla.

# **Categorii de Protocoale MAC**

---

- **Partitionarea canalului**

- Divizarea canalului in 'bucati' mai mici (time slots, frequency, code)
- Alocarea unei astfel de 'bucati' fiecarui nod de retea pentru uzul exclusiv al acestuia.

- **Random Access**

- Canalul nu este divizat, se permit coliziuni
- Necesare proceduri de 'revenire' din coliziune

- **Access controlat**

- Accesul este coordonat astfel incat sa nu existe coliziuni

# **TDM - FDM**

---

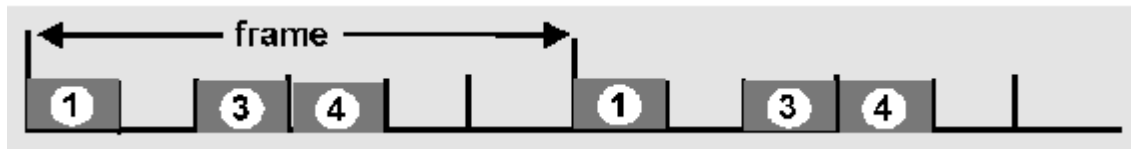
- TDM (Time Division Multiplexing): canal divizat in N time slots, unul pentru fiecare; ineficient pentru incarcare mica din partea nodurilor.
- FDM (Frequency Division Multiplexing):

# TDMA

---

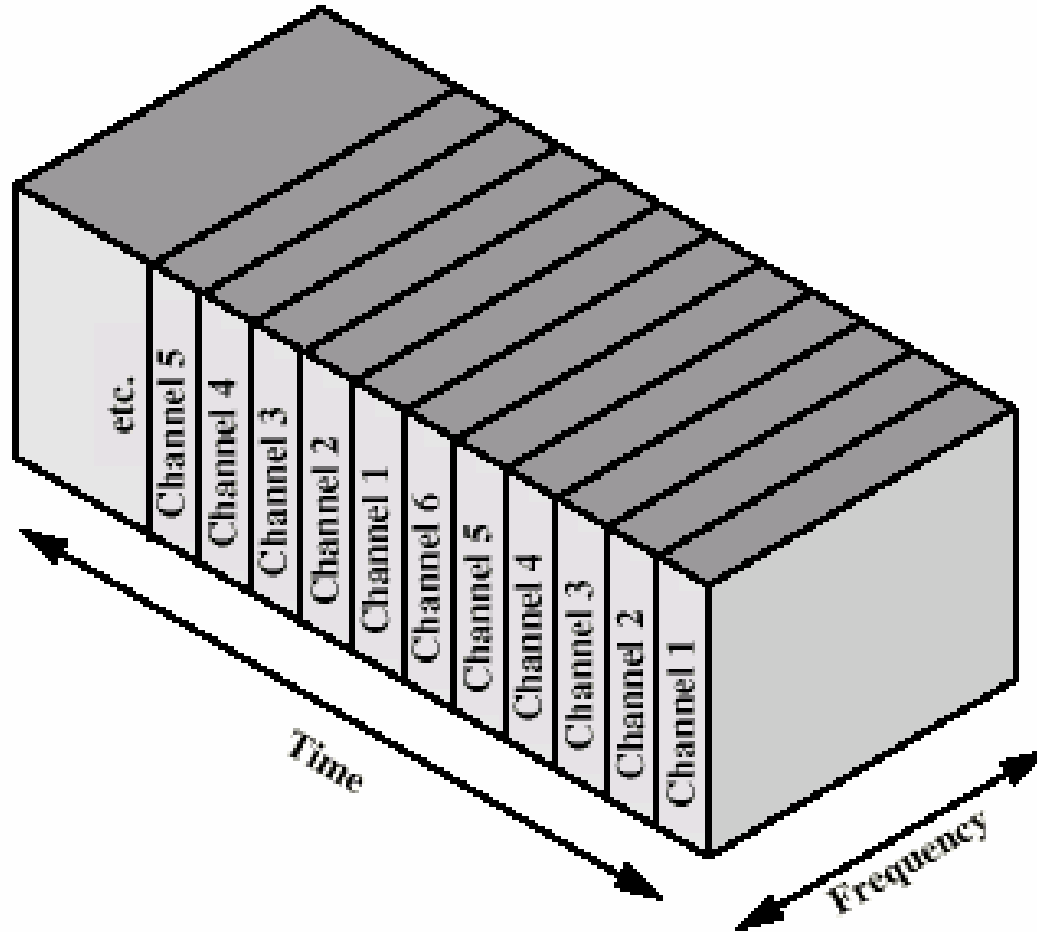
## TDMA: time division multiple access

- Access-ul la canal in 'etape'
- Fiecare nod primeste un slot de lungime fixa (lungimea = timpul de transmisie al unui packet) in fiecare 'etapa'
- Sloturile nefolosite: idle
- Exemplu: 6-statii LAN, 1,3,4 au packete de transmis, 2,5,6 sunt 'idle'

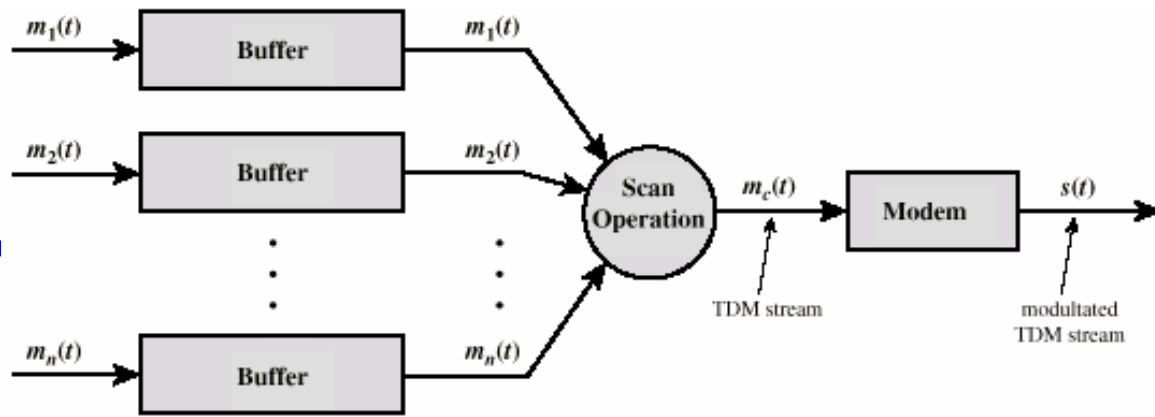


# Time Division Multiplexing

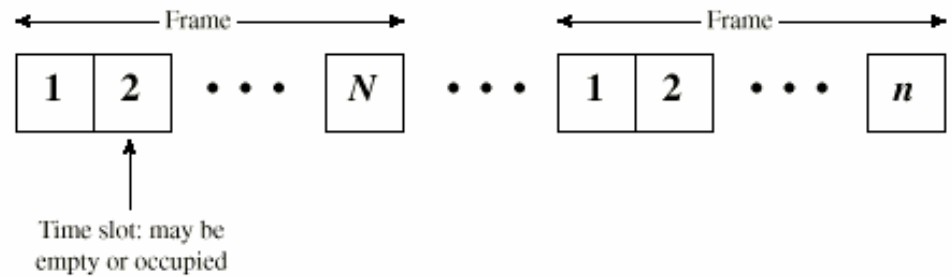
---



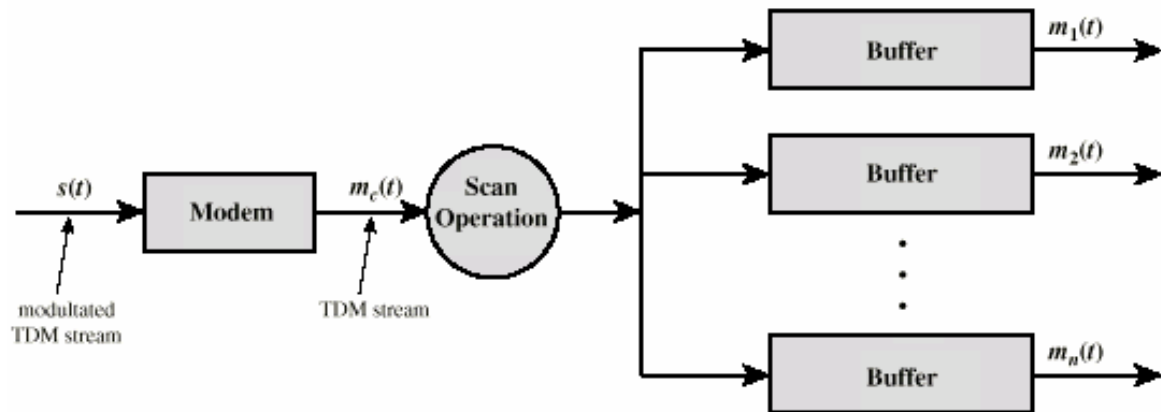
# Sistem TDM



(a) Transmitter



(b) TDM Frames



(c) Receiver

# Mod de operare TDM

---

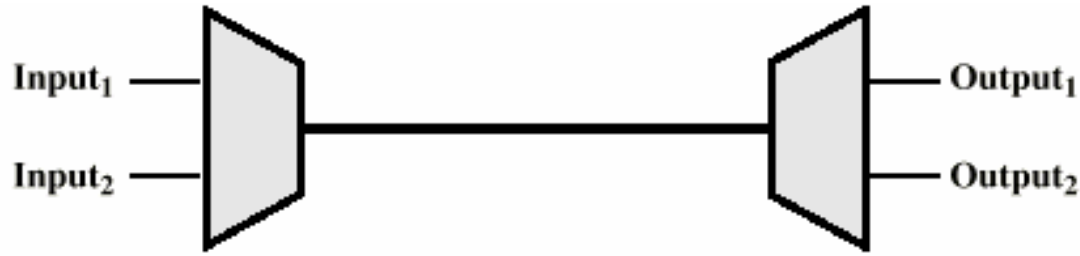
- Cadre împărțite în sloturi
- Fiecare slot corespunde unei surse
- Tehnici de TDM:
  - character-interleaving
  - Bit-interleaving
- Synchronous TDM
  - Fiecare sursă are asigurat un slot

# Controlul legăturii TDM

---

- Nu există header sau trailer
- Nu sunt necesare protocoale de control al legăturii
- Controlul de flux
  - Rata de transfer a liniei multiplexate este fixă
  - Dacă unul din receptoare nu poate accepta date, celelalte trebuie să continue
  - Sursa corespunzătoare trimite slot-uri goale
- Control al erorilor
  - Erorile sunt detectate și corectate de fiecare canal în parte

# Control al legăturii de date TDM



(a) Configuration

Input<sub>1</sub>..... F<sub>1</sub> f<sub>1</sub> f<sub>1</sub> d<sub>1</sub> d<sub>1</sub> d<sub>1</sub> C<sub>1</sub> A<sub>1</sub> F<sub>1</sub> f<sub>1</sub> f<sub>1</sub> d<sub>1</sub> d<sub>1</sub> d<sub>1</sub> C<sub>1</sub> A<sub>1</sub> F<sub>1</sub>  
 Input<sub>2</sub>... F<sub>2</sub> f<sub>2</sub> f<sub>2</sub> d<sub>2</sub> d<sub>2</sub> d<sub>2</sub> d<sub>2</sub> C<sub>2</sub> A<sub>2</sub> F<sub>2</sub> f<sub>2</sub> f<sub>2</sub> d<sub>2</sub> d<sub>2</sub> d<sub>2</sub> d<sub>2</sub> C<sub>2</sub> A<sub>2</sub> F<sub>2</sub>

(b) Input data streams

... f<sub>2</sub> F<sub>1</sub> d<sub>2</sub> f<sub>1</sub> d<sub>2</sub> f<sub>1</sub> d<sub>2</sub> d<sub>1</sub> d<sub>2</sub> d<sub>1</sub> C<sub>2</sub> d<sub>1</sub> A<sub>2</sub> C<sub>1</sub> F<sub>2</sub> A<sub>1</sub> f<sub>2</sub> F<sub>1</sub> f<sub>2</sub> f<sub>1</sub> d<sub>2</sub> f<sub>1</sub> d<sub>2</sub> d<sub>1</sub> d<sub>2</sub> d<sub>1</sub> d<sub>2</sub> d<sub>1</sub> C<sub>2</sub> C<sub>1</sub> A<sub>2</sub> A<sub>1</sub> F<sub>2</sub> F<sub>1</sub>

(c) Multiplexed data stream

Legend: F = flag field      d = one octet of data field  
 A = address field      f = one octet of FCS field  
 C = control field

# Cadre TDM

---

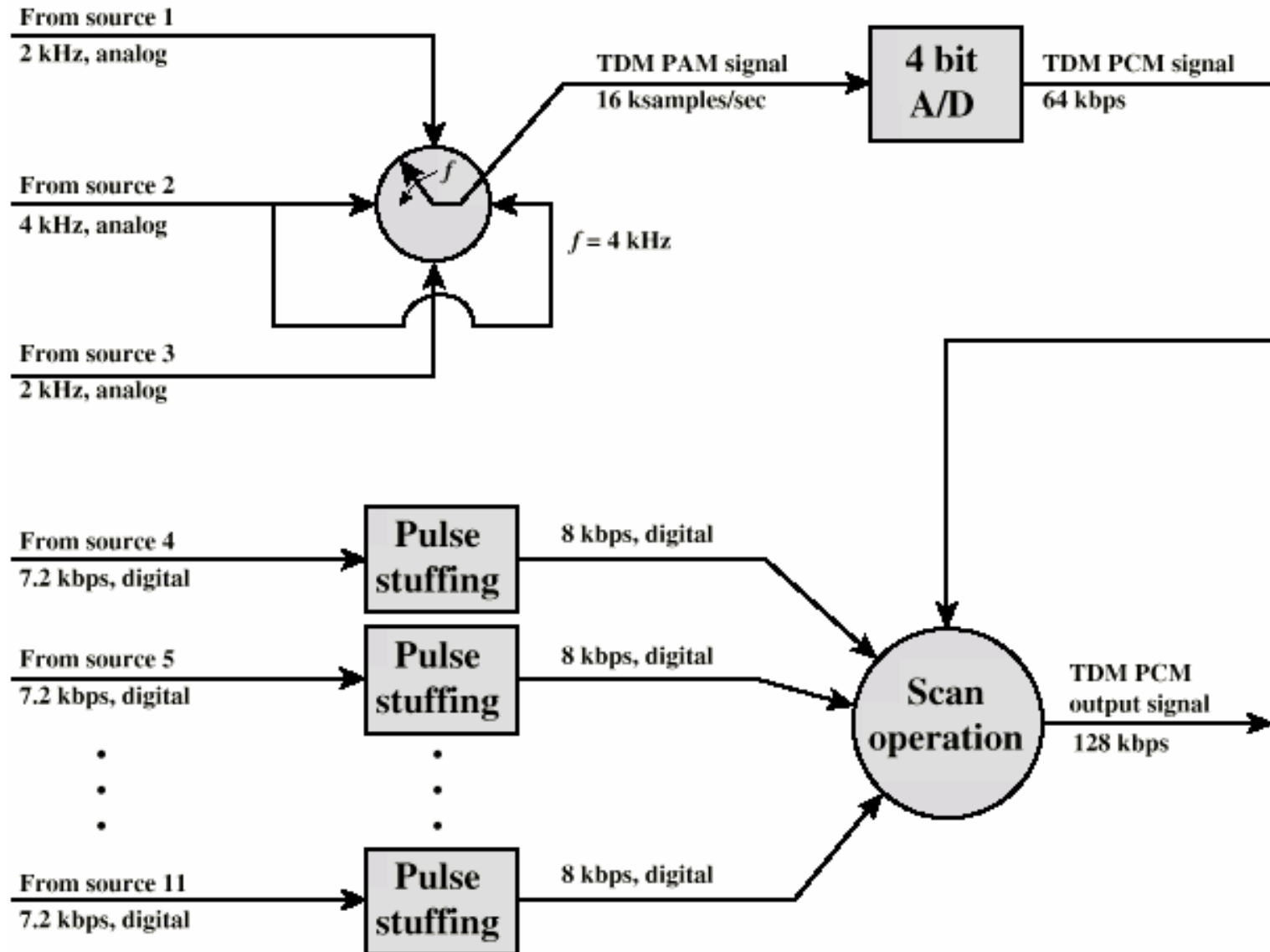
- Nu există flag sau caractere SYNC care să încadreze un frame TDM
- Trebuie asigurat un mecanism de sincronizare
- Soluție: adăugarea de digit framing
  - Un bit de control pentru fiecare cadru TDM (ca un alt canal, de control)
  - Format identificabil pentru canalul de control
  - Ex: 0101010101 ... Puțin probabil pe un alt canal
  - Se poate compara biții fiecărui canal recepționat cu paternul de sincronizare

# Pulse stuffing

---

- Problemă: sincronizarea surselor
- Deplasare a ceasurilor între diferite surse
- Rata de transfer a diferitelor surse nu se divide fix
- Soluția: pulse stuffing
  - Data de transfer la transmisie e mai mare decât suma ratelor de transfer la intrare (excepție – biții de cadru)
  - Se adaugă biți dummy sau pulsuri în semnalul de multiplexat, până se potrivește cu ceasul local
  - Pulsurile adăugate se inserează în poziții fixe și se elimină la demultiplexor

# TDM pentru surse digitale și analogice



# Statistical TDM

---

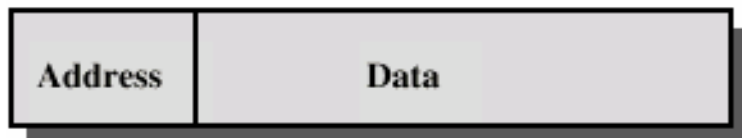
- asynchronous TDM sau intelligent TDM
- Pentru Synchronous TDM, mai multe sloturi se pierd
- Statistical TDM alocă sloturi temporare dinamic, pe baza cererilor
- Multiplexorul scanează intrările și colectează datele până ce cadrul se umple
- Rata de transfer e mai mică decât suma ratelor datelor de intrare

# Formatul cadrului pentru Statistical TDM

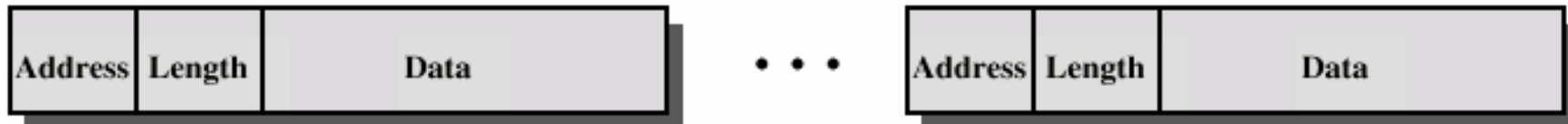
---



(a) Overall frame



(b) Subframe with one source per frame



(c) Subframe with multiple sources per frame

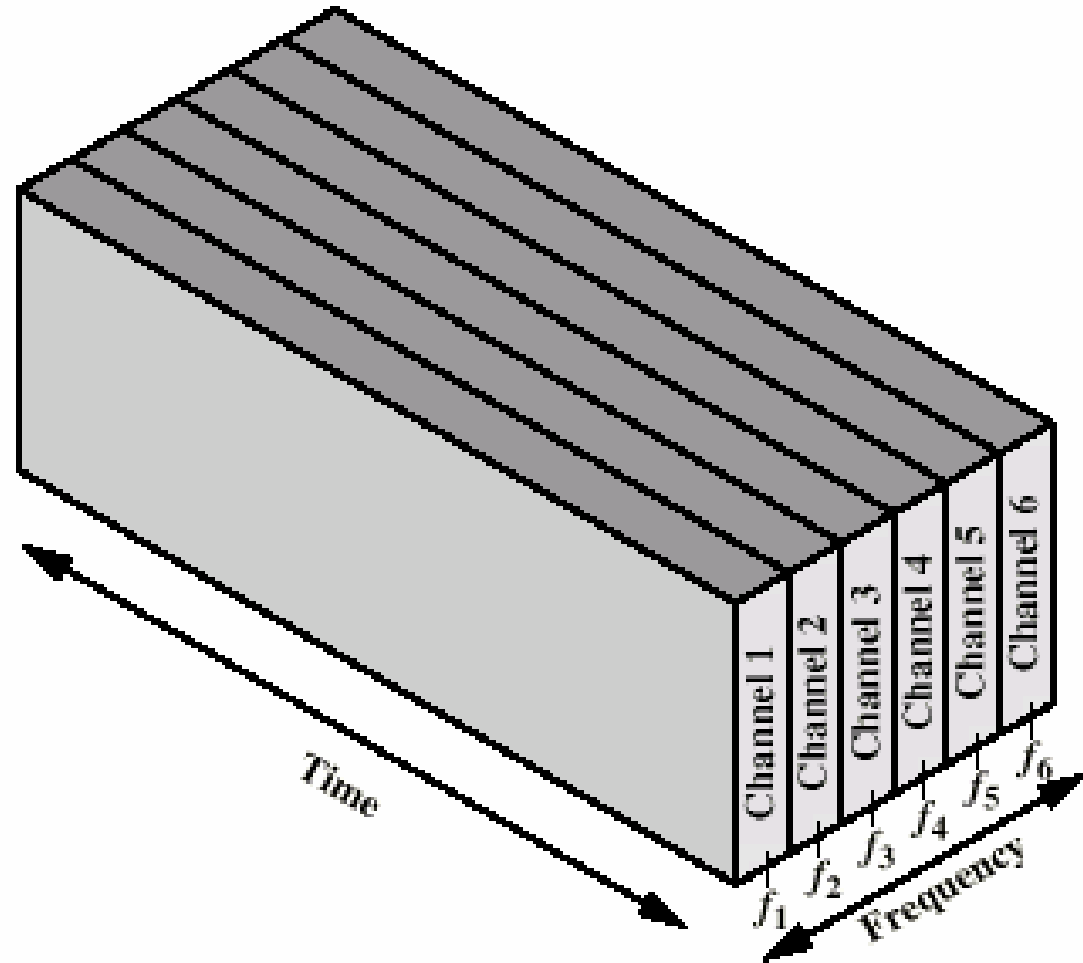
# Frequency Division Multiplexing

---

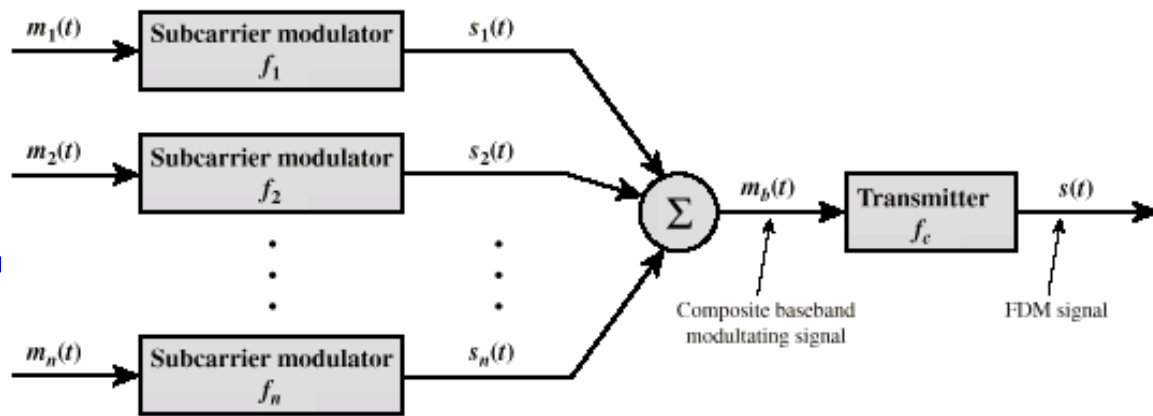
- FDM
- Banda disponibilă a mediului depășește banda necesară a unui canal
- Fiecare semnal este modulată pe o frecvență purtătoare diferită
- Frecvențele purtătoare sunt separate astfel încât semnalele nu se suprapun
- Ex: radio
- Canalele sunt alocate chiar dacă nu există date de transmis

# Diagrama FDM

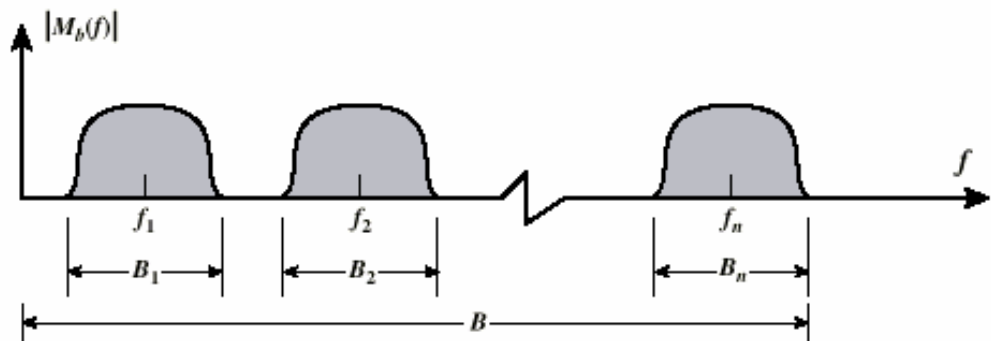
---



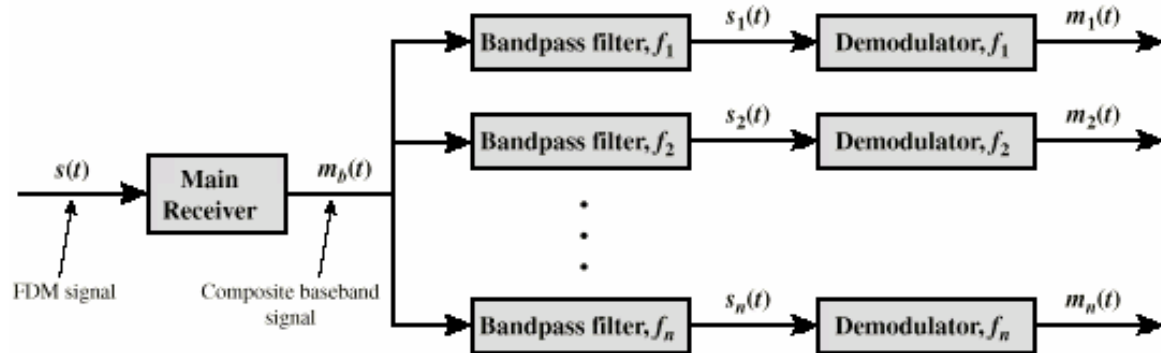
# Sistem FDM



(a) Transmitter

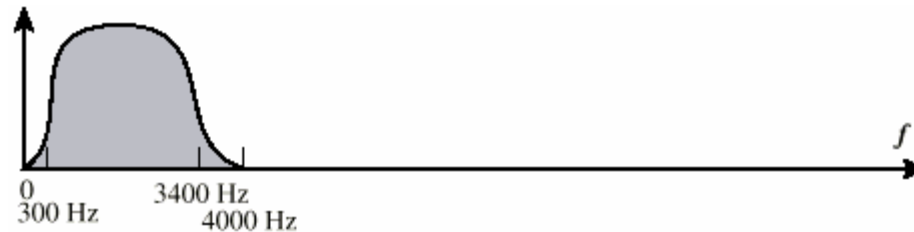


(b) Spectrum of composite baseband modulating signal

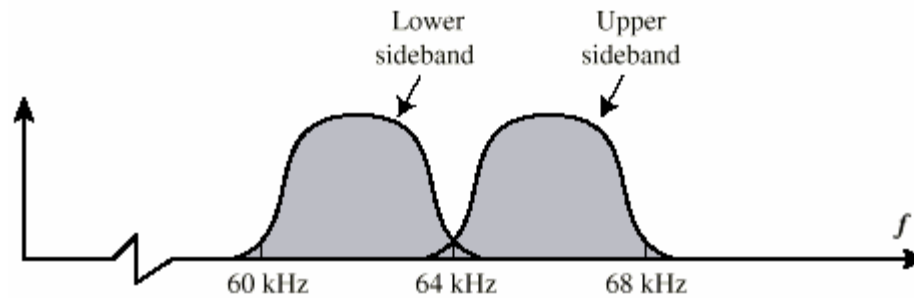


(c) Receiver

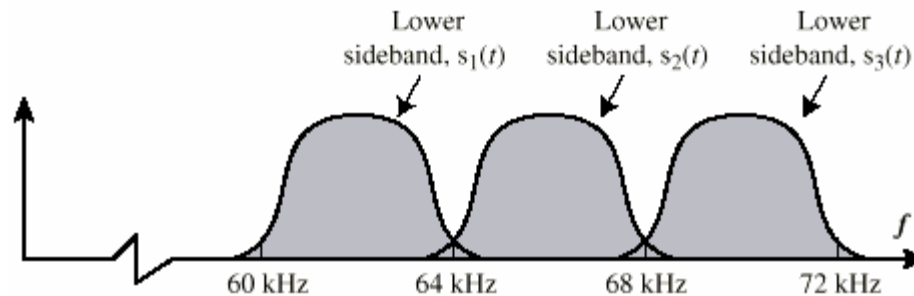
# FDM pentru 3 canale de voce



(a) Spectrum of  $m_1(t)$ , positive  $f$



(b) Spectrum of  $s_1(t)$  for  $f_1 = 64$  kHz



(c) Spectrum of composite signal using subcarriers at 64 kHz, 68 kHz, and 72 kHz

# Wavelength Division Multiplexing

---

- WDM
- Fascicule de lumină cu diferite frecvențe
- Purtatoare: fibră optică
- E o formă de FDM
- Fiecare culoare a fasciculului (wavelength – lungime de undă) poartă un canal diferit
- 1997 Bell Labs
  - 100 fascicule
  - Fiecare la 10 Gbps
  - rezultă 1 terabit per second (Tbps)
- Există sisteme comerciale de 160 canale a 10 Gbps
- Sisteme de laborator (Alcatel) 256 canale la 39.8 Gbps fiecare
  - 10.1 Tbps
  - peste 100km

# Modul de operare WDM

---

- Aceeași arhitectură ca alte FDM
- Mai multe surse care generează fascicule de diferite frecvențe
- Multiplexoare care transmit toate fasciculele pe o singură fibră optică
- Amplificatoare optice amplifică toate lungimile de undă
  - De obicei la zeci de km depărtare
- Demultiplexoare separă canalele la destinație
- Cel mai folosit în banda de 1550nm
- De la 200 MHz la 50GHz

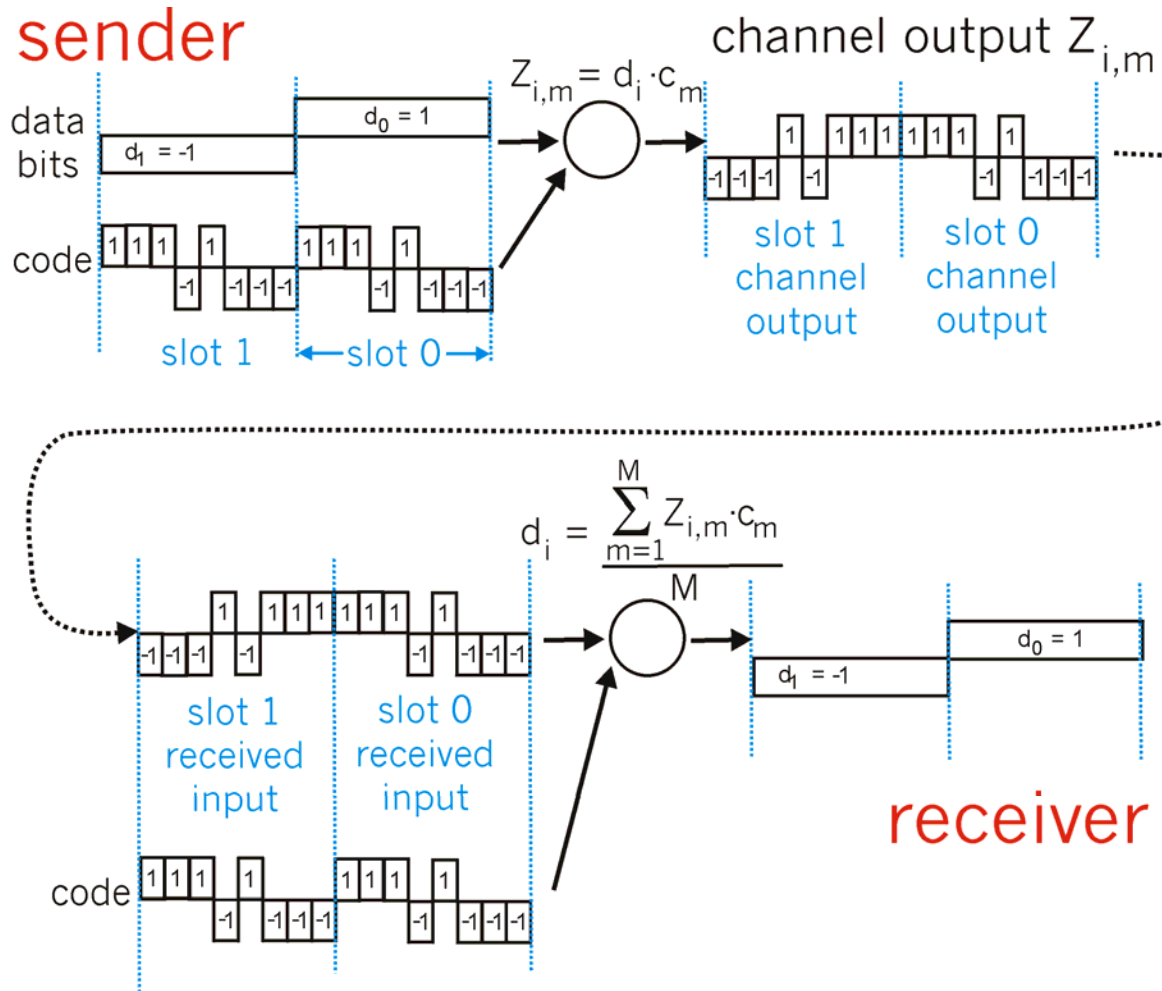
# Channel Partitioning (CDMA)

---

## CDMA (Code Division Multiple Access)

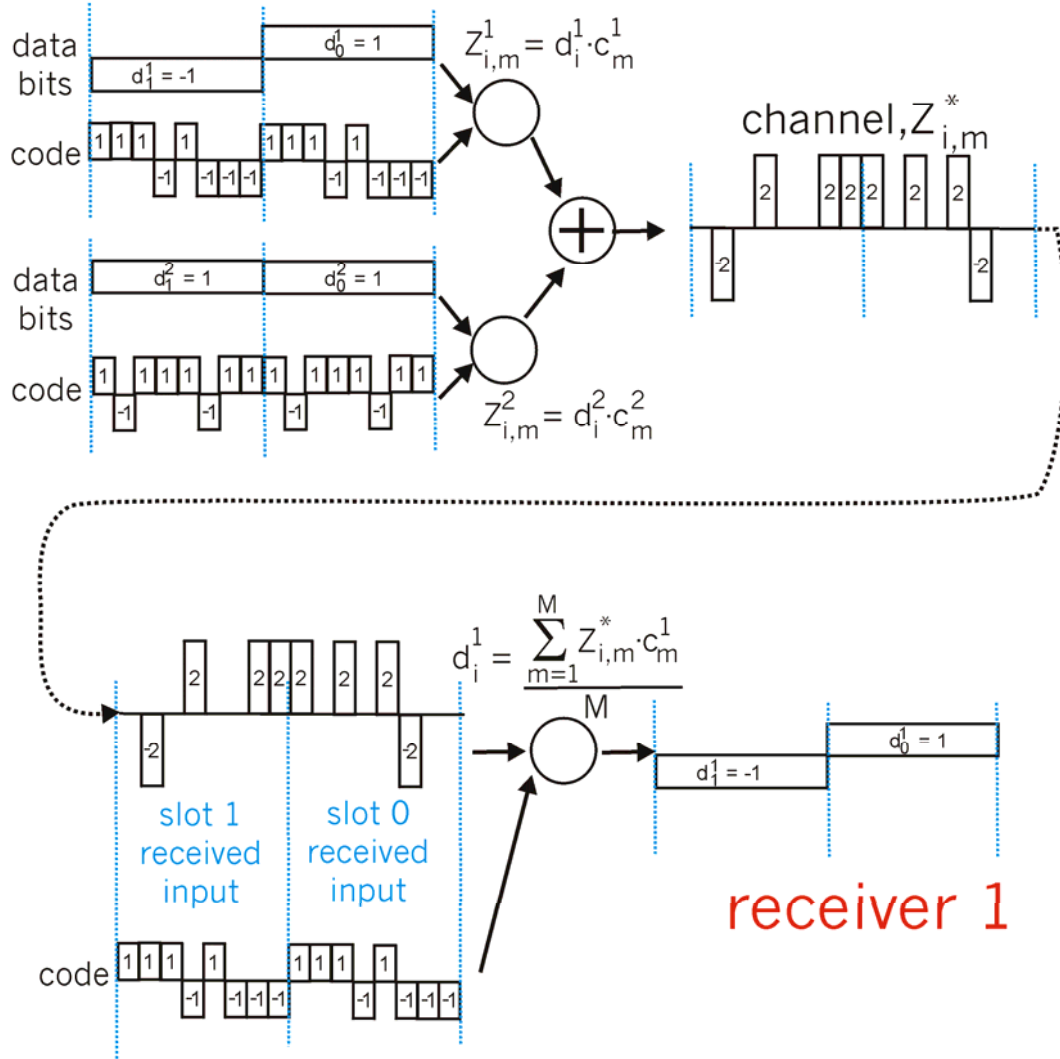
- Cod unic pentru fiecare utilizator, codul face 'partitionarea'
- Utilizat cel mai des in wireless (cellular, satellite, etc)
- Toti utilizatorii folosesc aceeasi frecventa, dar fiecare are secvenata (cod) propriu de codificare (chipping)
- *encoded signal* = (original data) X (chipping sequence)
- *decoding*: inner-product of encoded signal and chipping sequence
- Aceasta metoda permite utilizarea aceeluasi mediu de mai multi utilizatori, selectia informatiei facandu-se pe baza codului;
- Fiecare bit se împarte în k chips după un pattern fix, specific pentru fiecare user
- Noul canal are rata de transfer de kD chips per second dacă se urmărește o rată de transfer de D biți pe secundă

# CDMA Encode/Decode



# CDMA: two-sender interference

senders



# Random Access Protocols

---

- Statia are de transmis un packet
  - Transmisia se face la rata maxima a canalului.
  - Nu exista o coordonare intre statii;
- Doua sau mai multe statii vor sa transmita -> "collision"
- **random access MAC protocol** specifica:
  - Cum se detecteaza coliziunea;
  - Metoda prin care se 'rezolva' o coliziune (e.g., retransmisie intarziata)
- Exemple de random access MAC protocols:
  - slotted ALOHA
  - ALOHA
  - CSMA, CSMA/CD, CSMA/CA

# Slotted ALOHA

---

## Supozitii

- Toate pachetele sunt de aceeasi dimensiune;
- Timp suficient pentru a transmite 1 frame;
- Statiile incep sa transmita frame-uri numai la inceputul unui slot
- Statiile sunt sincronizate
- Daca 2 sau mai multe statii transmit toate detecteaza coliziunea

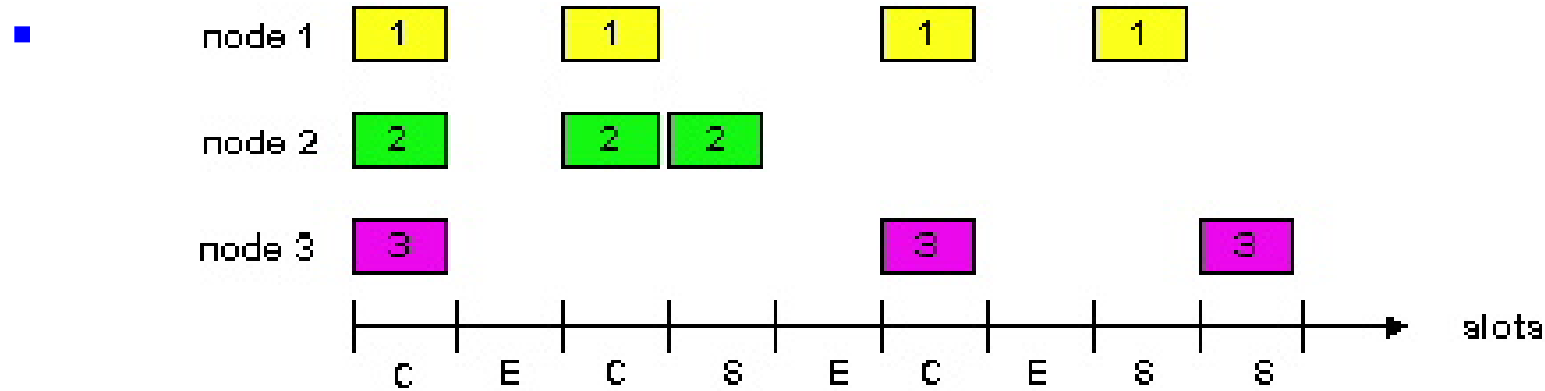
# Slotted ALOHA

---

## Functionare

- Cand o statie are un pachet(frame) de transmis il transmite la inceputul noului time slot;
- Daca nu s-a detectat nici o coliziune va continua sa transmita un nou frame;
- Daca exista coliziune statia retransmite frame-ul in sloturile urmatoare pana reuseste transmisiunea

# Slotted ALOHA - exemplu



## Pros

- single active node can continuously transmit at full rate of channel
- highly decentralized: only slots in nodes need to be in sync
- simple

## Cons

- collisions, wasting slots
- idle slots
- nodes may be able to detect collision in less than time to transmit packet

# **CSMA (Carrier Sense Multiple Access)**

---

**CSMA:** Verifica mediu inainte de transmisie:

- Daca canalul este 'idle': transmite intregul frame
  - Daca canalul este 'busy' verifica mai tarziu;
- 
- Human analogy: don't interrupt others!

# **CSMA/CD (Collision Detection)**

---

**CSMA/CD:** asemanator CSMA

- Daca coliziunea este detectata devreme se renunta la transmisiune;
- Abandonul transmisiei imbunantateste utilizarea canalului;
- collision detection:
  - Usor de implementat in LAN cablate: masurarea semnalului: comparare s. transmis,cu cel receptionat

# Protocol MAC cu access controlat

---

## Polling:

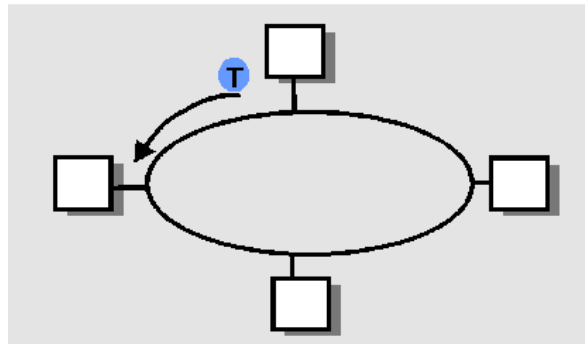
- Un controller (master) controleaza accesul fieacrei statii la mediu;
- Probleme:
  - Overhead la interogare
  - Latenta prin retea
  - Defectarea master compromite accesul

# Protocol MAC cu access controlat

---

## Token passing:

- ❑ Transmiterea unui jeton de la o statie la alta.
- ❑ Cine detine jetonul transmite
- ❑ Probleme:
  - Overhead transmiterii jetonului
  - Latenta prin retea
  - Pierderea jetonului compromite accessul



# Summary

---

- Folosirea unui mediu partajat
  - Partitionarea canalului, in timp, frecventa sau cod
    - Time Division, Code Division, Frequency Division
  - Partitionare Aleatorie (dynamic),
    - ALOHA, S-ALOHA, CSMA, CSMA/CD
    - carrier sensing
    - CSMA/CD folosit in Ethernet
  - Access controlat
    - Interogare de la un controller;
    - Pasarea unui jeton(token)

# LAN technologies

---

- Ethernet
- hubs, bridges, switches

