

# Reti di Elaboratori

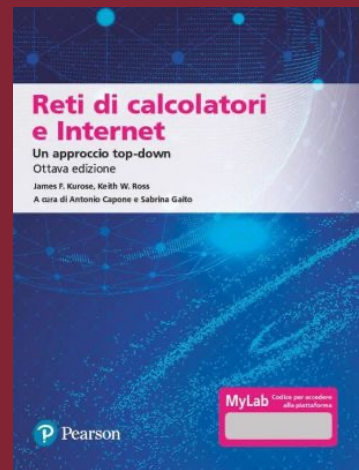
Reti Wireless – CDMA, Bluetooth, RFID



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Alessandro Checco  
[alessandro.checco@uniroma1.it](mailto:alessandro.checco@uniroma1.it)

Thanks to prof. Gaia Maselli

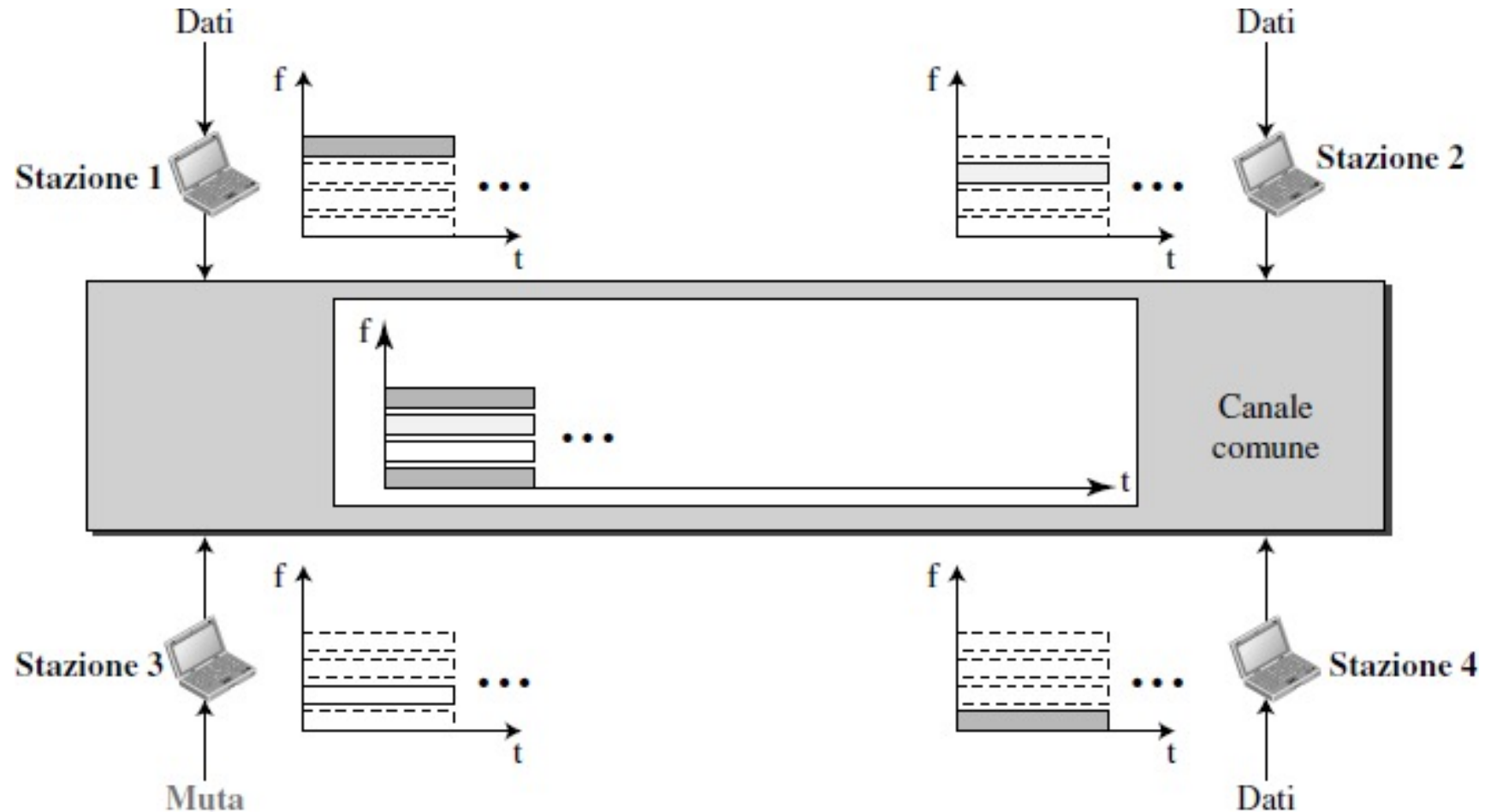


Capitolo 7

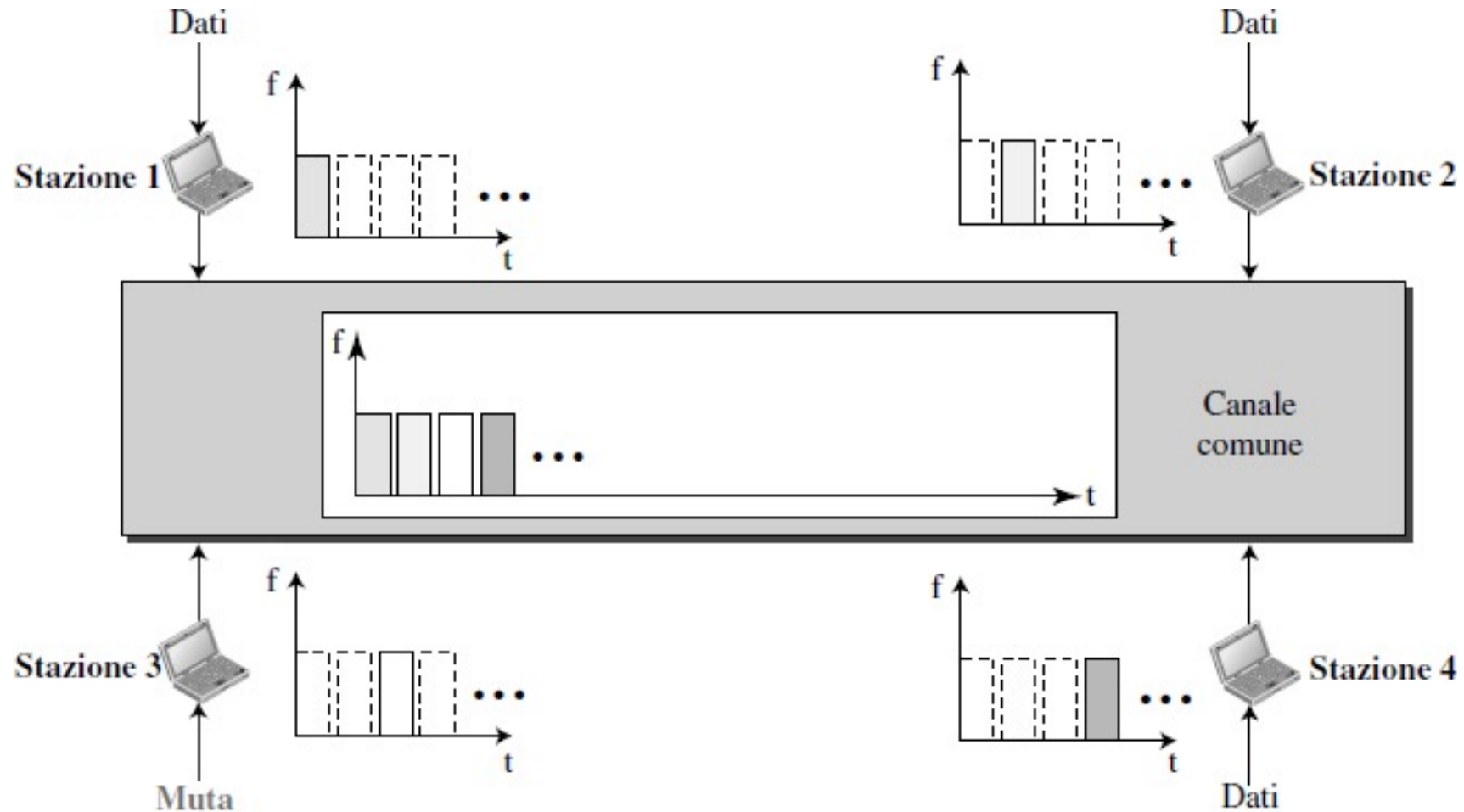
# Accesso al mezzo mediante suddivisione del canale

- Frequency-Division Multiple Access (FDMA)
- Time-Division Multiple Access (TDMA)
- Code-Division Multiple Access (CDMA)

# Accesso multiplo a divisione di frequenza (FDMA)



# Accesso multiplo a divisione del tempo (TDMA)



Accesso Multiplo a divisione di codice (CDMA)

# CDMA: Code Division Multiple Access



- Un solo canale occupa l'intera ampiezza di banda (non c'è divisione di frequenze)
- Tutte le stazioni possono inviare contemporaneamente (non c'è divisione del tempo – slot)
- CDMA significa comunicare con codici diversi
- Vediamo un'analogia...

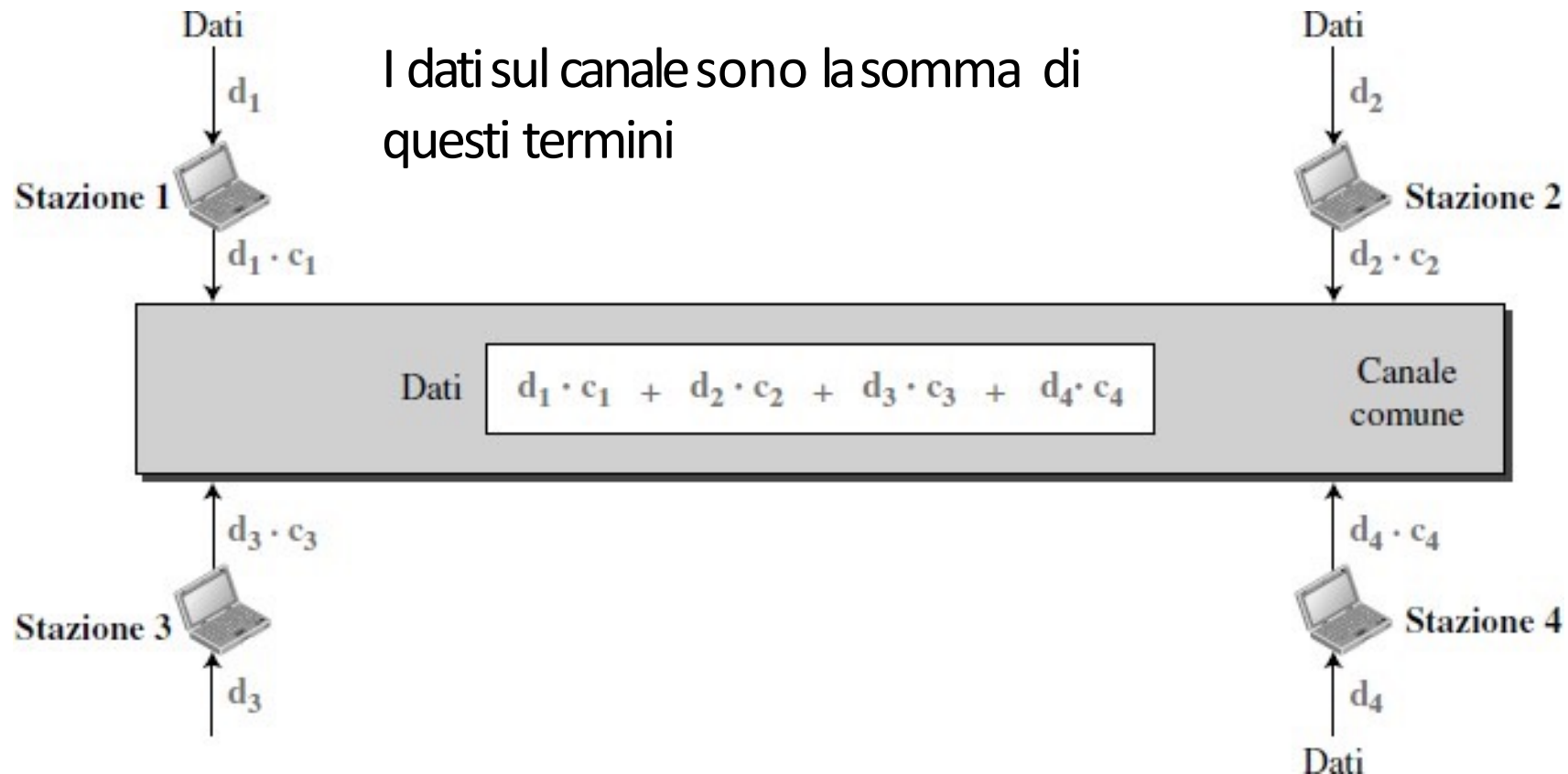
# CDMA: analogia



Canale comune (la stanza) consente la comunicazione tra coppie in lingue (codici) diverse

# CDMA: Code Division Multiple Access

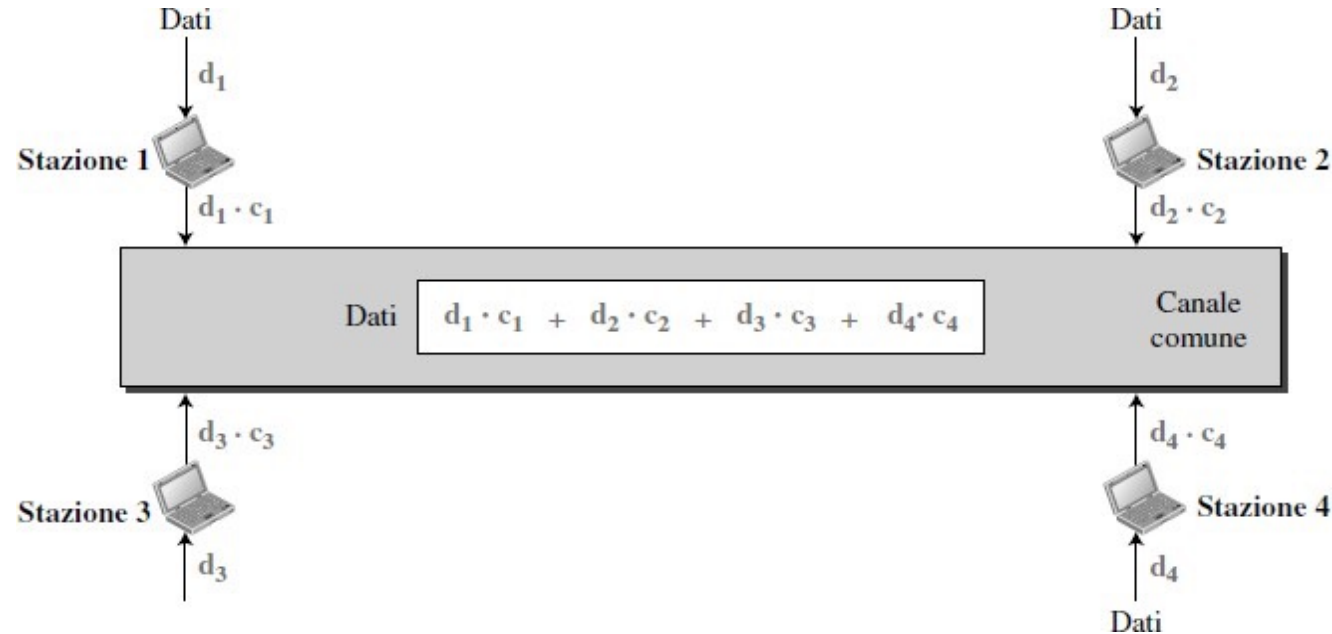
- Assumiamo di avere 4 stazioni connesse sullo stesso canale
- I dati spediti sono  $d_1, d_2, d_3, d_4$ , i codici assegnati  $c_1, c_2, c_3, c_4$
- Ogni stazione “moltiplica” i propri dati per il proprio codice e trasmette





# CDMA: proprietà dei codici

- Se moltiplichiamo ogni codice per un altro otteniamo 0
- Se moltiplichiamo ogni codice per se stesso otteniamo il numero delle stazioni (4)



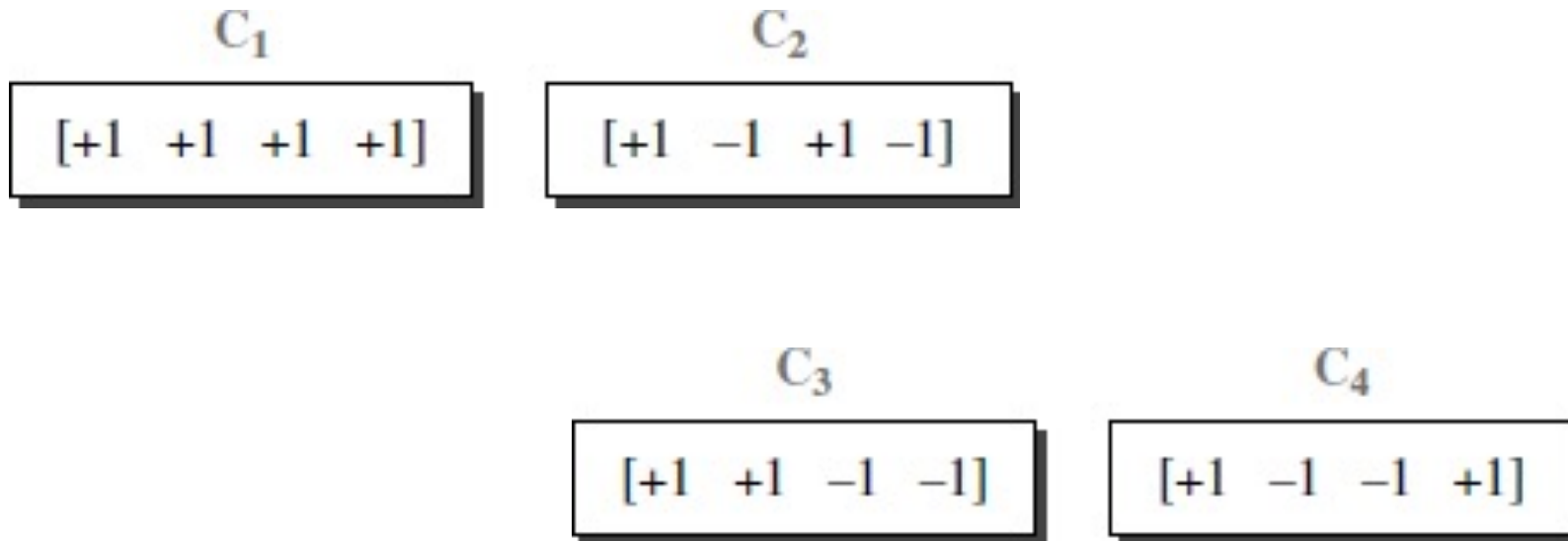
Qualsiasi stazione voglia ricevere dati da una delle altre tre stazioni moltiplica i dati ricevuti per il codice del mittente e divide per il numero delle stazioni

Esempio: stazione 2 vuole ricevere dalla stazione 1

$$\begin{aligned} \text{Dati} &= [(d_1 \cdot c_1 + d_2 \cdot c_2 + d_3 \cdot c_3 + d_4 \cdot c_4) \cdot c_1] / 4 \\ &= [d_1 \cdot c_1 \cdot c_1 + d_2 \cdot c_2 \cdot c_1 + d_3 \cdot c_3 \cdot c_1 + d_4 \cdot c_4 \cdot c_1] / 4 = (4 \times d_1) / 4 = d_1 \end{aligned}$$

# CDMA: sequenze di chip

- Il CDMA si basa sulla teoria della codifica
- Ad ogni stazione viene assegnato un codice che è una sequenza di numeri, chiamati chip
- Sequenze ortogonali



# Proprietà delle sequenze ortogonali

1. Ogni sequenza è composta da N elementi (N=stazioni), N deve essere una potenza di 2)
2. Se moltiplichiamo una sequenza per un numero, ogni elemento della sequenza viene moltiplicato per tale numero

$$2 \cdot [+1 +1 -1 -1] = [+2 +2 -2 -2]$$

3. Se moltiplichiamo due sequenze uguali e sommiamo risultati otteniamo N

$$[+1 +1 -1 -1] \cdot [+1 +1 -1 -1] = 1 + 1 + 1 + 1 = 4$$



4. Se moltiplichiamo due sequenze diverse e sommiamo i risultati otteniamo 0

$$[+1 +1 -1 -1] \cdot [+1 +1 +1 +1] = 1 + 1 - 1 - 1 = 0$$

5. Sommare due sequenze significa sommare gli elementi corrispondenti

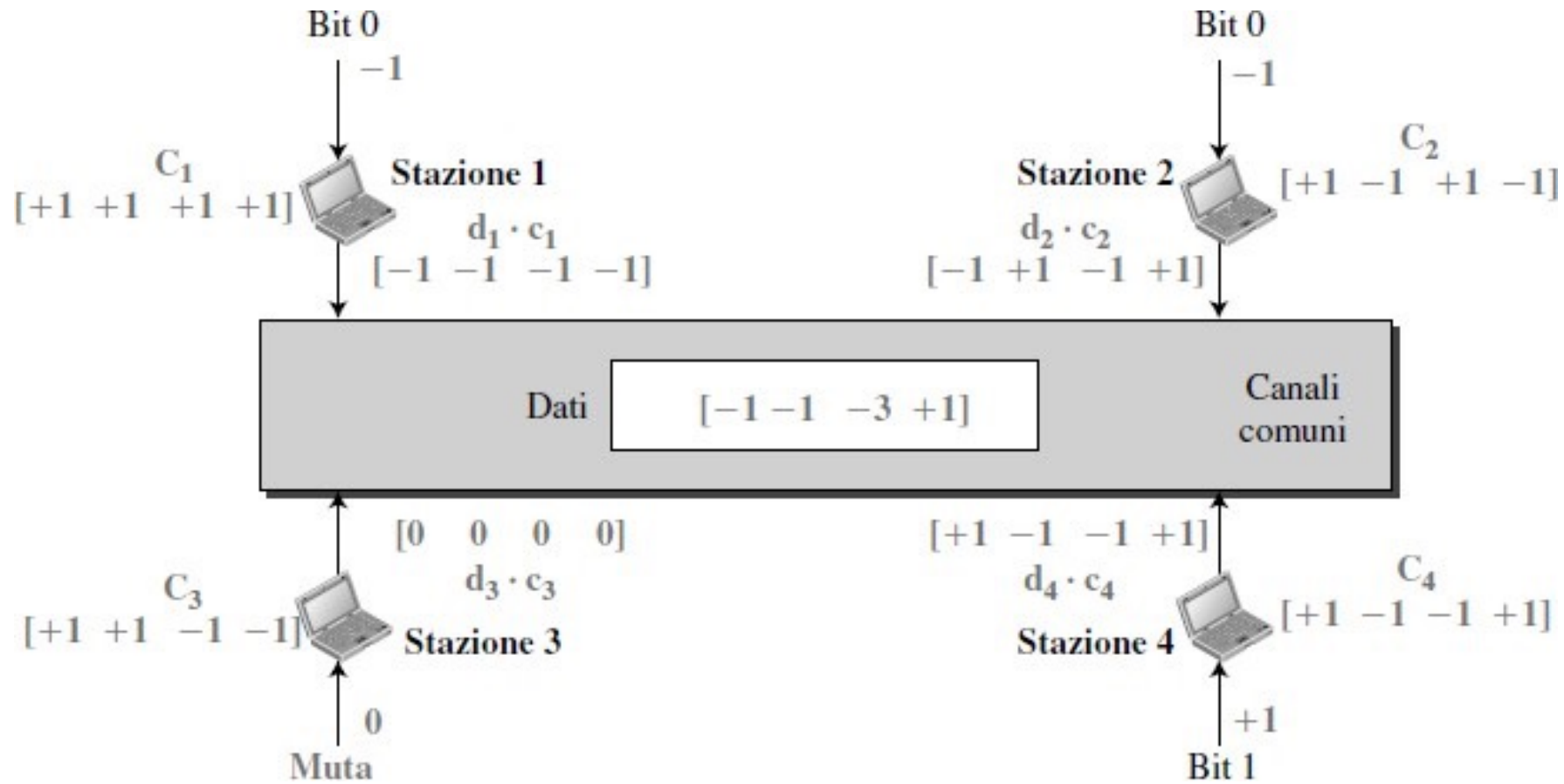
$$[+1 +1 -1 -1] + [+1 +1 +1 +1] = [+2 +2 0 0]$$

# Rappresentazione dei dati nel C D M A

- Regole per la codifica



# Esempio



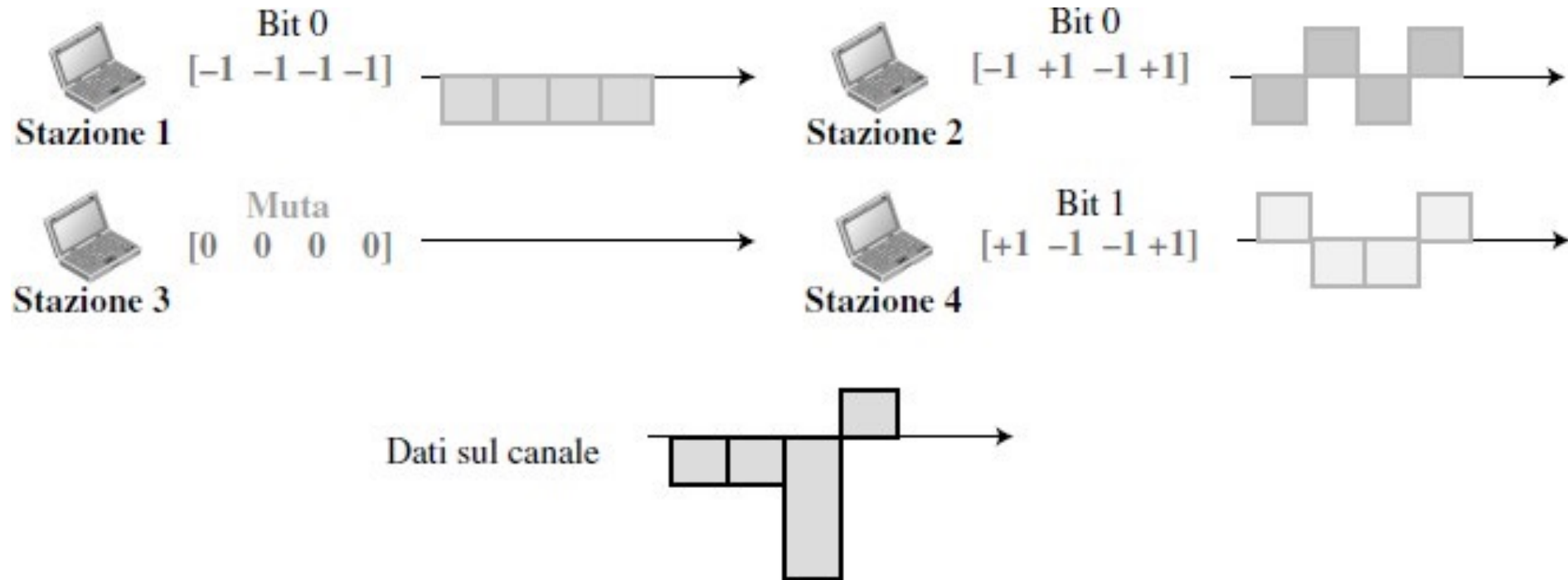
- La sequenza sul canale è la somma delle quattro sequenze inviate dalle stazioni
- La stazione 3 ascolta la 2



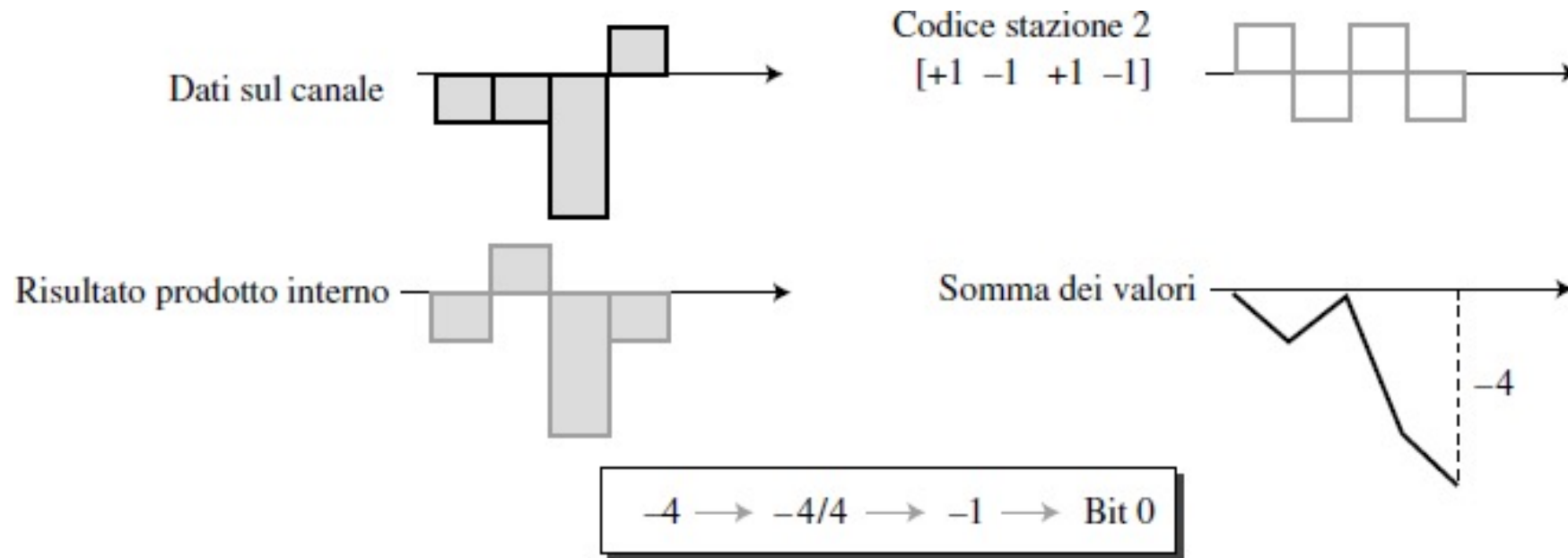
$$[-1 -1 -3 +1] \cdot [+1 -1 +1 -1] = -4$$

$$-4 / 4 = -1 \rightarrow \text{bit 0}$$

# Segnale digitale creato dalle quattro stazioni



# Decodifica del segnale composto



# Generazione sequenze di chip



- Per generare sequenze di chip usiamo una tabella di Walsh (matrice quadrata)
- Nella tabella di Walsh ogni riga è una sequenza di chip
- $W_1$  indica una sequenza con un chip solo (con una riga e una colonna) e può assumere valore +1 o -1 (a scelta)
- Conoscendo  $W_N$  possiamo creare  $W_{2N}$  nel seguente modo:

$$W_1 = \begin{bmatrix} +1 \end{bmatrix} \quad W_{2N} = \begin{bmatrix} W_N & W_N \\ W_N & \overline{W_N} \end{bmatrix}$$

→ Complemento



# esempio

$$W_1 = \begin{bmatrix} +1 \end{bmatrix} \quad W_{2N} = \begin{bmatrix} W_N & W_N \\ W_N & \overline{W_N} \end{bmatrix}$$

Le righe di  $W_2$  e  $W_4$   
sono sequenze di chip  
per reti con 2 e 4  
stazioni

$$W_2 = \begin{bmatrix} +1 & +1 \\ +1 & -1 \end{bmatrix} \quad W_4 = \begin{bmatrix} +1 & +1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & +1 & -1 \\ +1 & +1 & -1 & -1 \\ +1 & -1 & -1 & +1 \end{bmatrix}$$

Generazione di  $W_1$ ,  $W_2$  e  $W_4$

# FDMA vs CDMA

- concettualmente simili: entrambi permettono l'accesso senza latenza al canale
- CDMA può essere modificato più velocemente (numero di codici) per adattarsi al numero di nodi nella rete
- CDMA richiede hardware e software dedicato
- FDMA può richiedere hardware costoso per gestire i filtri per gestire le diverse bande

# Protocolli MAC

- Abbiamo visto tanti protocolli MAC
  - LAN wired: CSMA/CD
  - LAN wireless: CSMA/CA
- Perché abbiamo studiato anche Aloha, o TDMA, o Polling, etc. se il CSMA è la scelta vincente sia nelle LAN wired che wireless?
- Ci sono reti wireless con **caratteristiche fisiche** che non consentono di usare i protocolli MAC più complessi e efficienti (CSMA)

Bluetooth

# Bluetooth

Tecnologia LAN wireless progettata per connettere dispositivi con diverse funzioni (telefoni, notebook, stampanti, personal devices) e diverse capacità



Raggio trasmissivo = 10 m

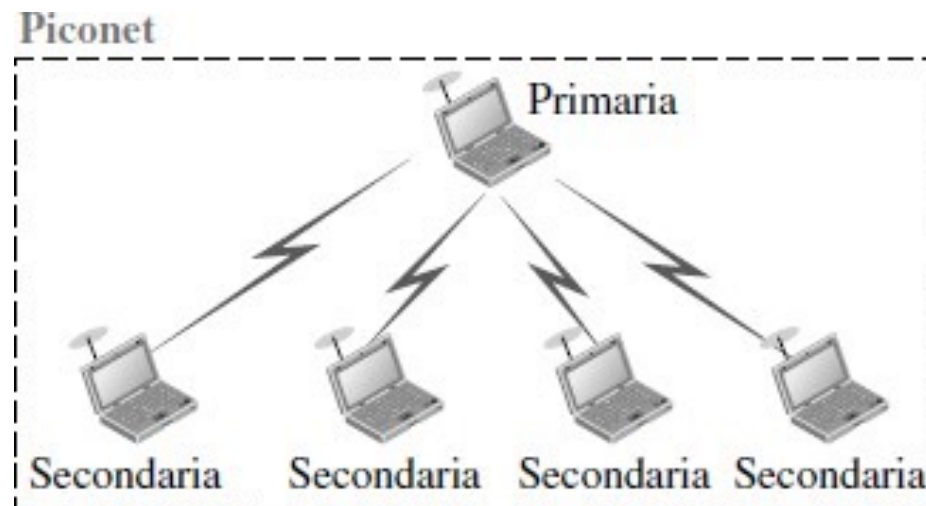
Bluetooth networks provide *cable replacement*

# LAN Bluetooth

- Una LAN Bluetooth è una rete ad hoc
- Si forma spontaneamente senza aiuto di alcuna stazione base (AP)
- Rete piccola: pochi dispositivi sono ammessi a far parte della rete
- Bluetooth: progetto iniziato dalla Ericsson. Il nome viene dal re di Danimarca – Harald Blaatand – che unì Danimarca e Norvegia. Blaatand in inglese è Bluetooth
- IEEE 802.15 standard per Personal Area Network (PAN) implementato dalla tecnologia Bluetooth
- <https://standards.ieee.org/about/get/802/802.15.html>
- Banda 2,4 GHz, divisa in 79 canali da 1MHz ciascuno 6-21

# Architettura: piconet e scatternet

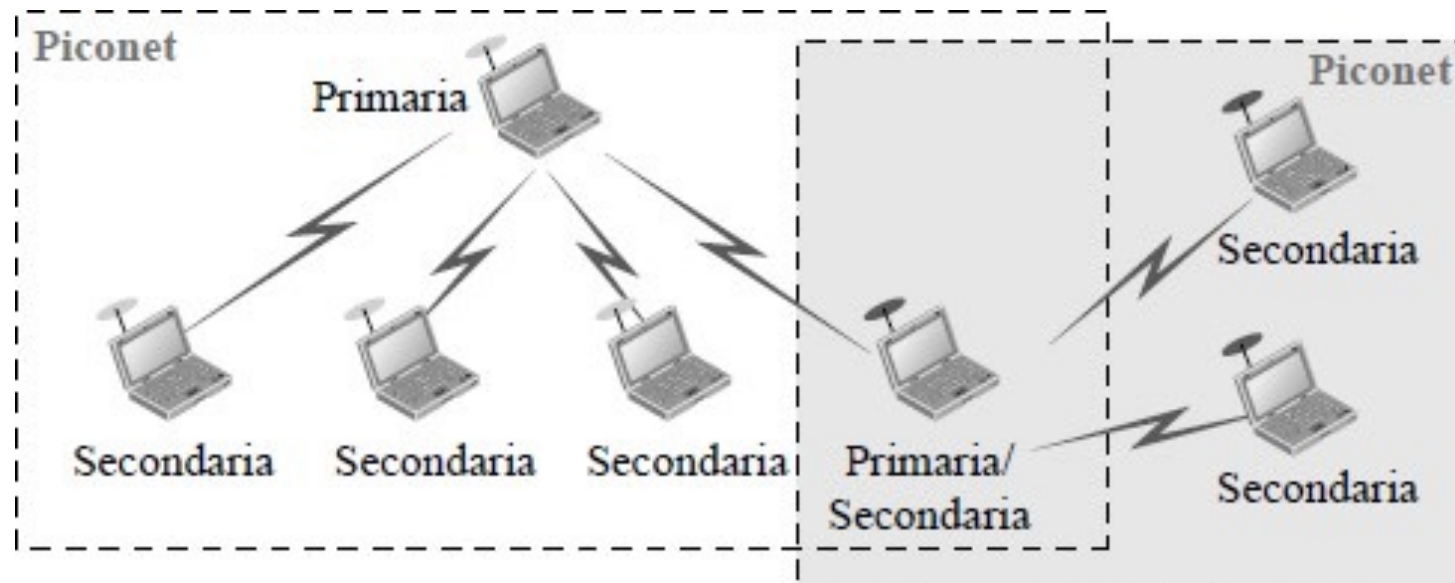
- Bluetooth definisce 2 tipi di reti
- Piconet: rete composta al massimo di 8 dispositivi: 1 stazione primaria e 7 secondarie che si sintonizzano con la primaria
- Possono esserci altre stazioni secondarie ma in stato di parked (sincronizzate con la primaria ma non possono prendere parte alla comunicazione) finchè una stazione attiva non viene spostata nello stato di parked o lascia il sistema



# Architettura: piconet e scatternet


- **Scatternet:** combinazione di Piconet

Una secondaria in una piconet può essere primaria in un'altra piconet, passando messaggi da una rete all'altra



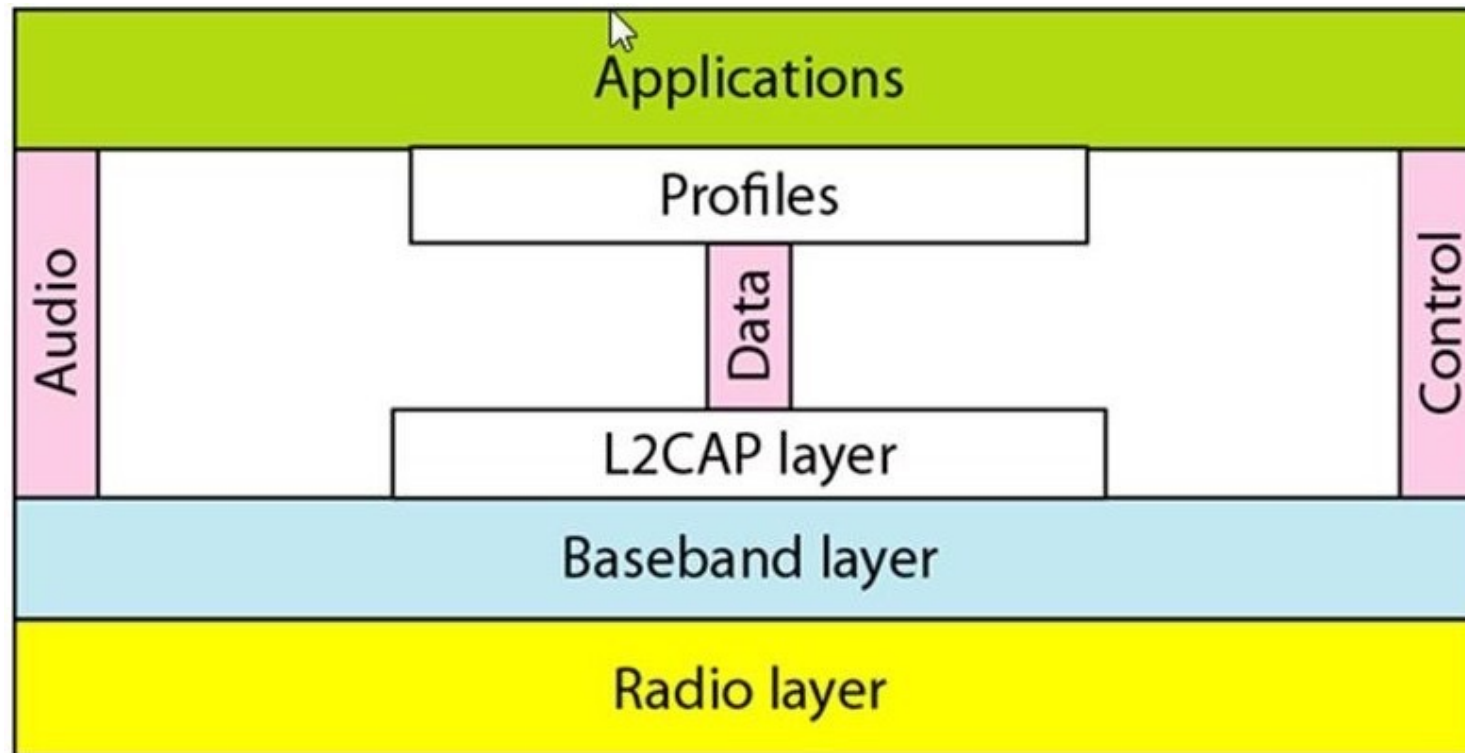


# Dispositivo Bluetooth

- Trasmettitore radio a breve portata (10 m)
  - Rate: 1 Mbps
  - Ampiezza di banda: 2,4 GHz
- 
- Possibilità di interferenza con reti LAN IEEE 802.11b wireless! Protocollo pensato per minimizzare tale interferenza

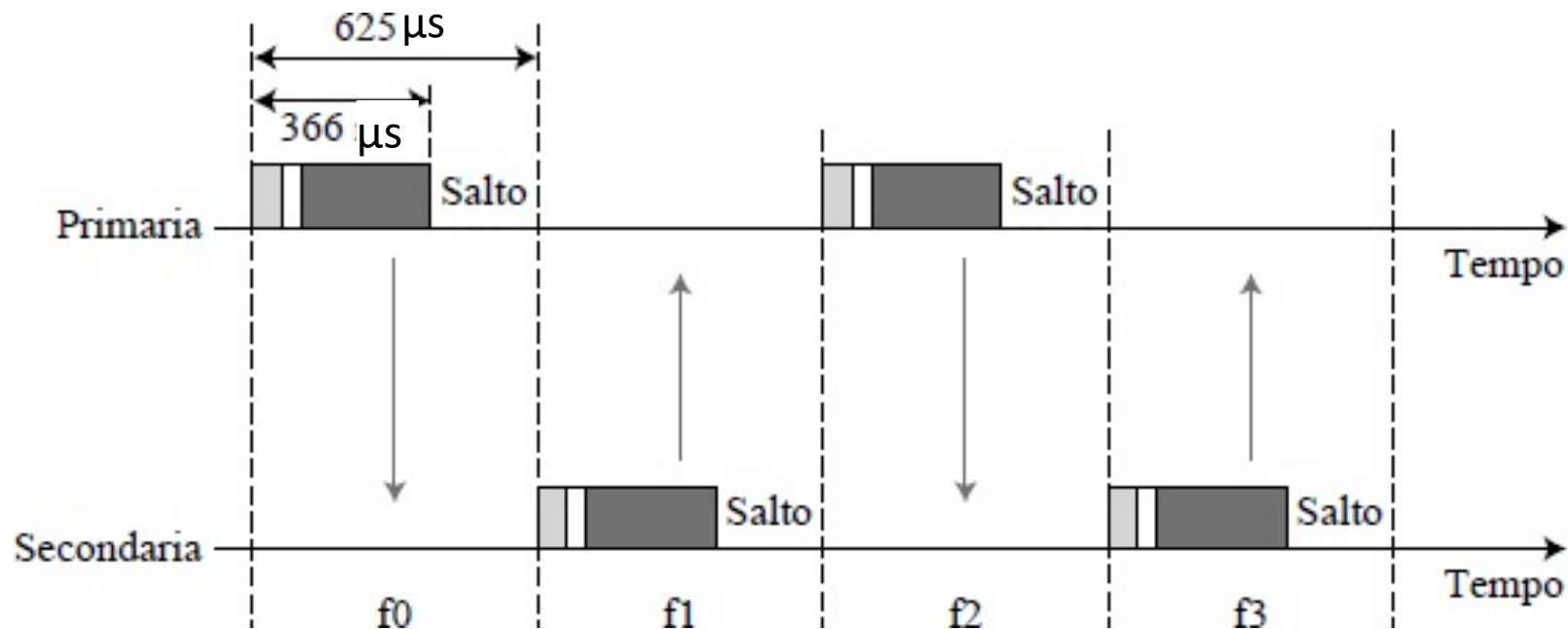
# Bluetooth layers

- ❖ Bluetooth definisce uno stack protocollare diverso da TCP/IP



# Protocollo MAC

- Bluetooth usa TDMA
- Slot temporali di  $625\ \mu\text{s}$
- Primaria e secondaria invia e ricevono dati ma non contemporaneamente (half duplex)
- Primaria usa slot pari, secondaria dispari

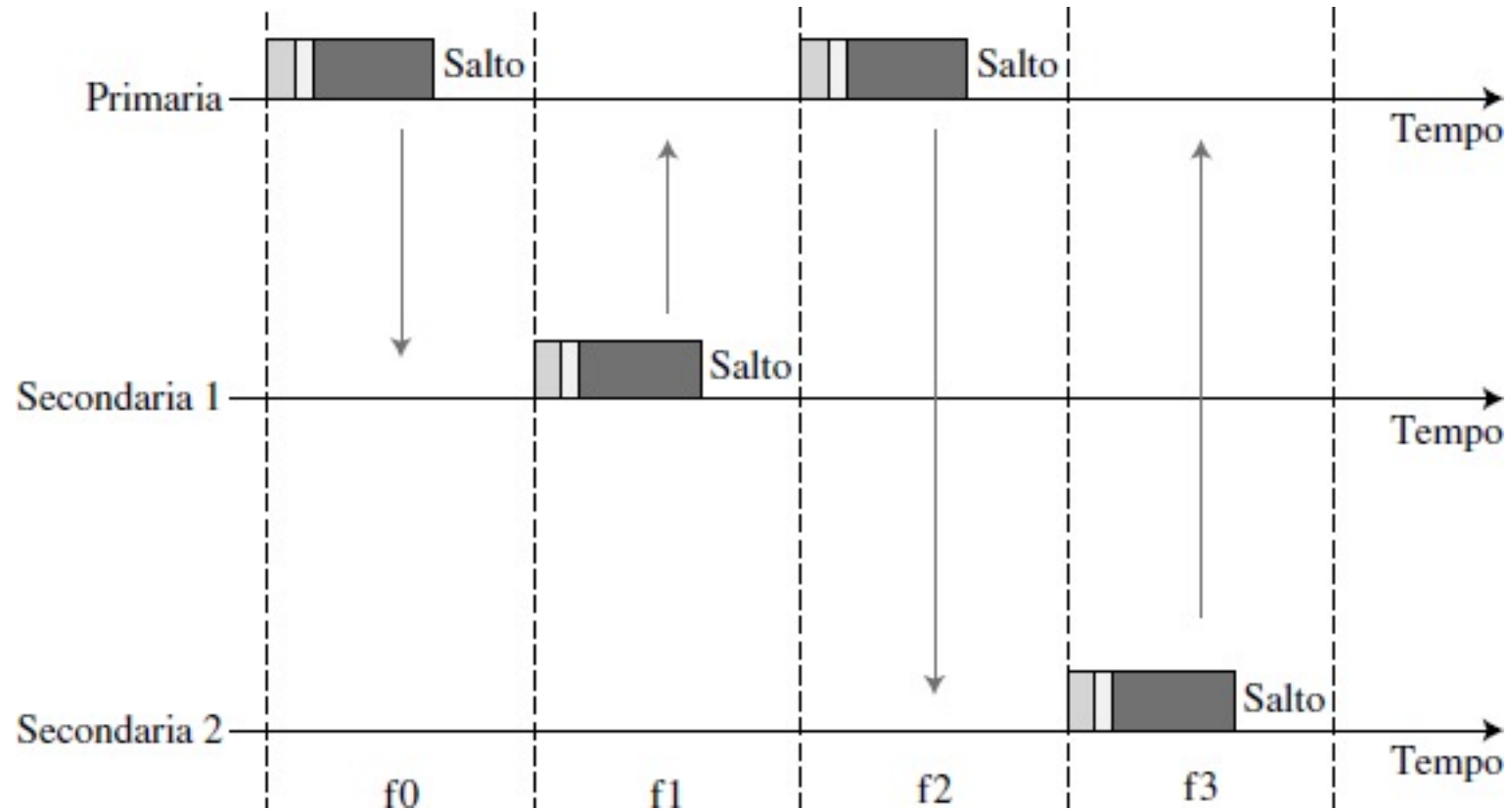


***Comunicazione con secondaria singola***



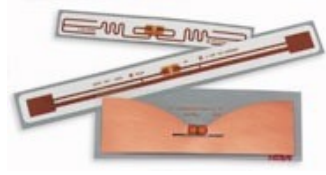
# Protocollo MAC

- Comunicazione con più secondarie: la primaria usa slot pari e ad ogni slot specifica chi deve trasmettere nello slot successivo



# RFID: Radio Frequency Identification

# What is an RFID system?



RF Tags



Interrogators  
and Antennas



Server  
& Data repositories

---

Radio frequency labels store a unique identifier (ex. 96 bits) and consist of an antenna integrated on a microchip.


They are attached to object to be identified

The reader queries tags to get their IDs

A server handles the data received by the reader and process it based on the application requirements.



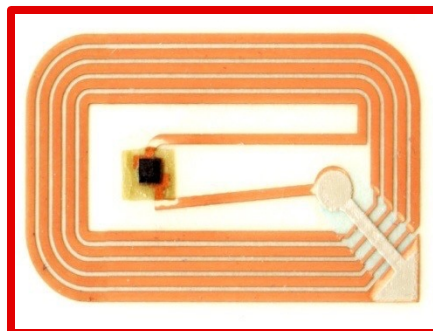
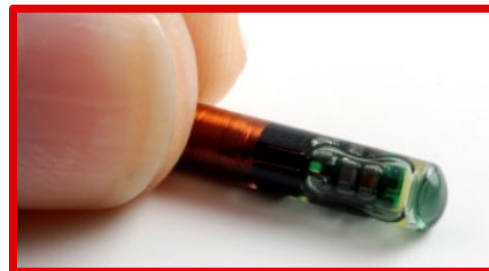
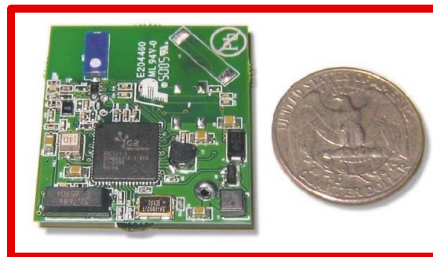
# Radio Frequency Identification

- Tecnologia RFID: identificazione, counting, tracking (automatico)
- Protocolli efficienti di identificazione
- Recente nuovo impiego per la realizzazione di dispositivi battery free
- Non hanno bisogno di Line Of Sight 
- Low cost

# La tecnologia RFID | Componenti

- IL TAG

- Attivo
- Passivo



- IL READER

- Fisso
- Mobile





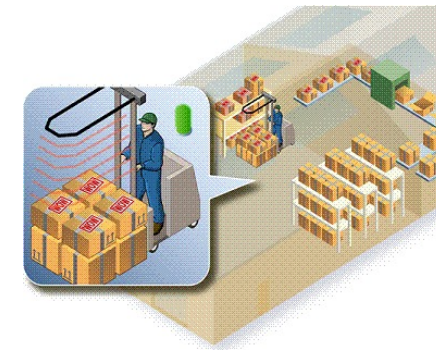
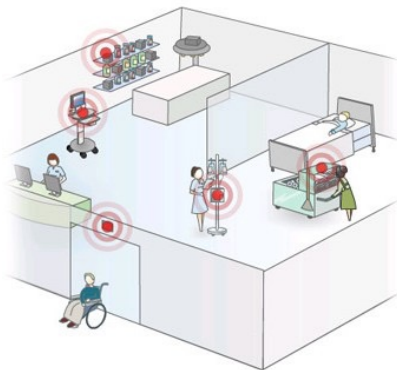
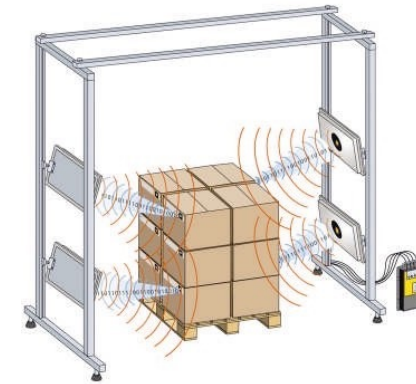
# Passive tags

- Small, cheap, long lasting
- No power source (battery)
- Transmission through back-scattering:
  - Tags reflect the high-power constant signal generated by the reader

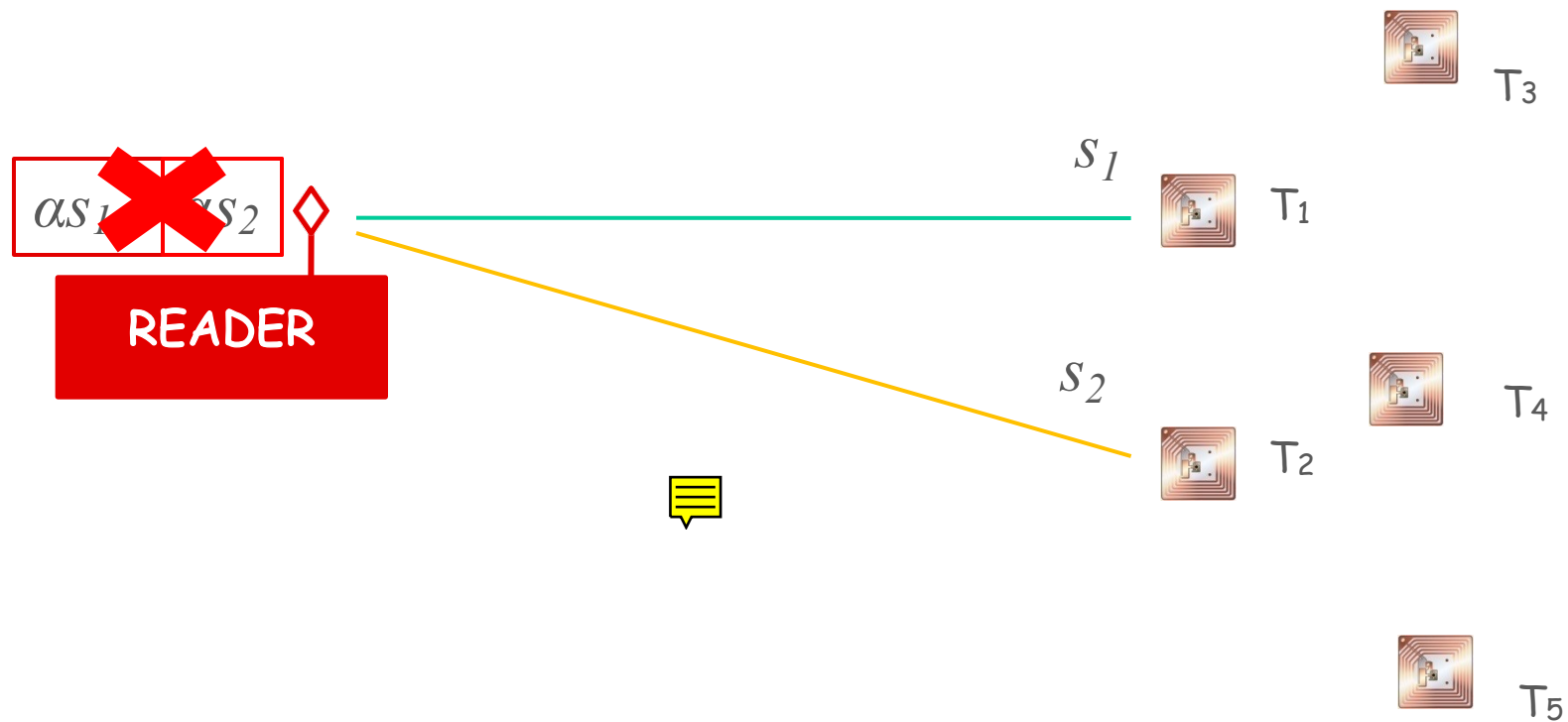


# Typical applications of RFID

- Inventory and logistics
- Access control object tracking
  - Libraries
  - Airport luggages
- Domotics e Assisted Living
  - Intelligent appliances
  - Daily assistance to people with disabilities

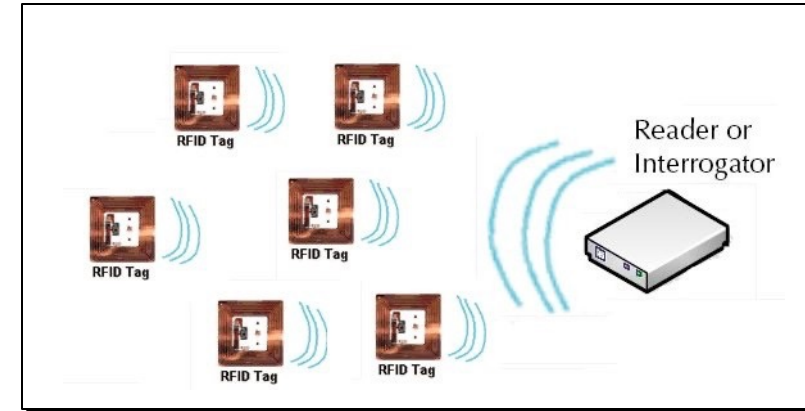


# La tecnologia RFID | Comunicazione single - reader



# Tag identification

- ❖ Single-reader systems with passive tags
  - Reader queries tags
  - Tags respond with their ID by back-scattering the received signal



## Key Issues

- } Simultaneous tag responses cause collision
- } Tags cannot hear each other (NO Carrier Sense, NO Collision Detection)
- } Channel access must be arbitrated by the reader



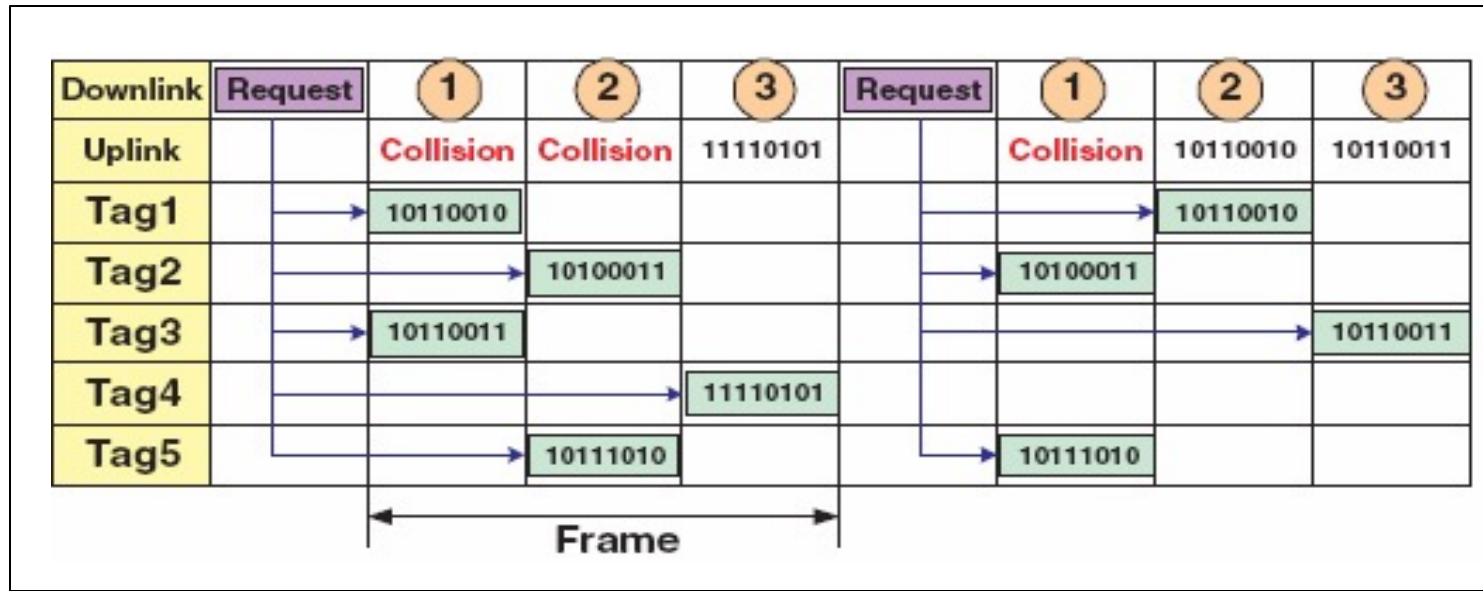
**Goal → Fast arbitration of massive tags**

# Protocols

- ❖ Several MAC protocols have been proposed to resolve collision in RFID networks
  - Tree-based protocols (Query tree, Binary Splitting)
  - Aloha-based protocols (Tree Slotted Aloha, BSTSA)

# Framed Slotted Aloha

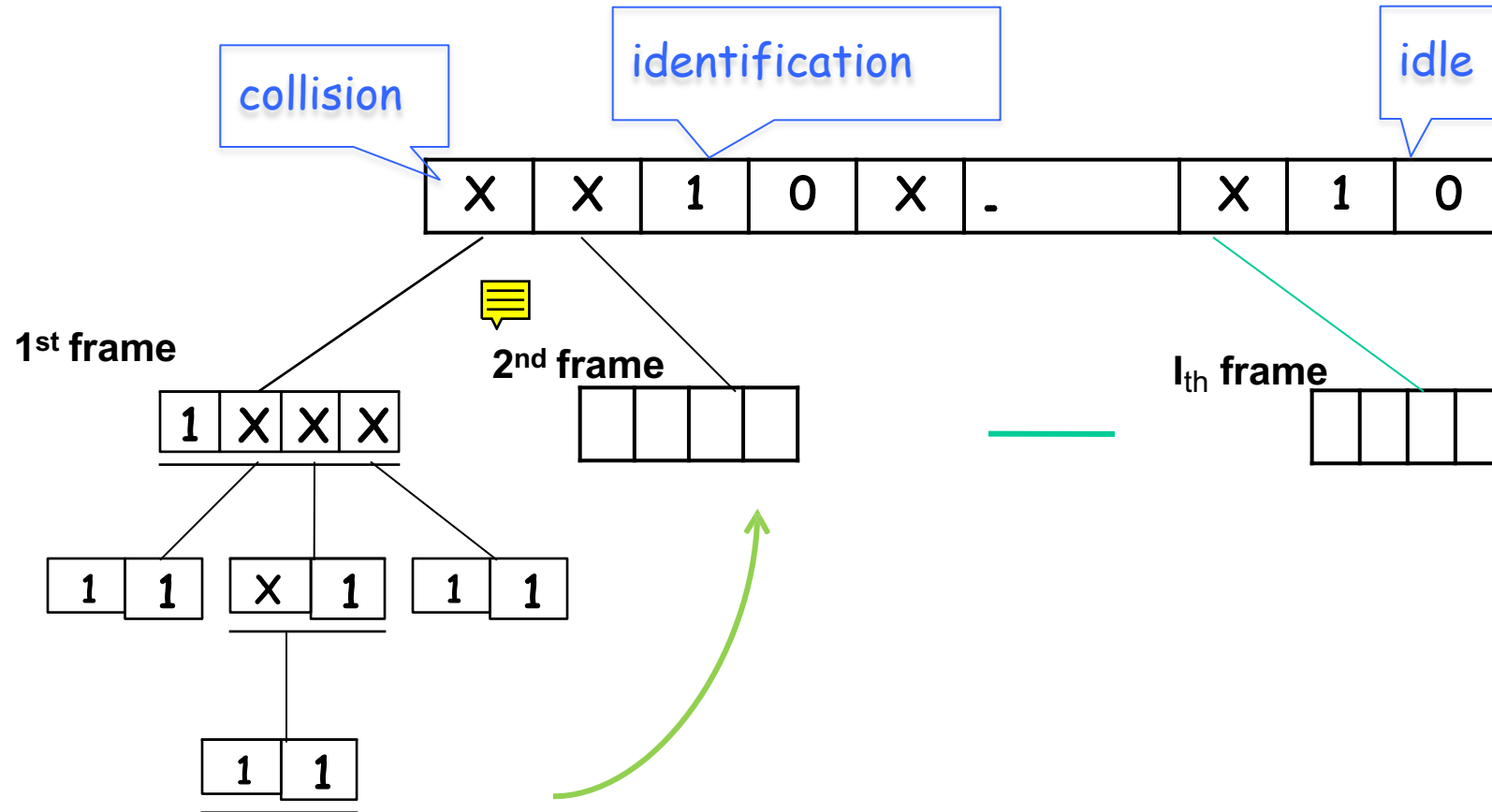
- Slotted Aloha (random selection of slots)



- 6 slots: 3 collisions + 3 identifications
- Protocol efficiency =  $\# \text{ identifications} / \# \text{ slots} = 50\%$
- In general
  - 37% of identifications
  - The remaining 63% is wasted in collisions and idle queries



# Tree Slotted Aloha (TSA)



} A new *child* frame is issued for each collision slot: only tags replying to the same slot participate

# Programmable tags and reader




Umich Moo  
with accelerometer



USR reader



# Altre tecnologie wireless?

- Reti cellulari
  - Reti di sensori (WSN) 
  - Internet of Things (IoT)
- 
- Corsi alla magistrale
    - Internet of Things
    - Autonomous Networking