

Reti wireless: Bluetooth, protocollo CDMA

Gaia Maselli

maselli@di.uniroma1.it

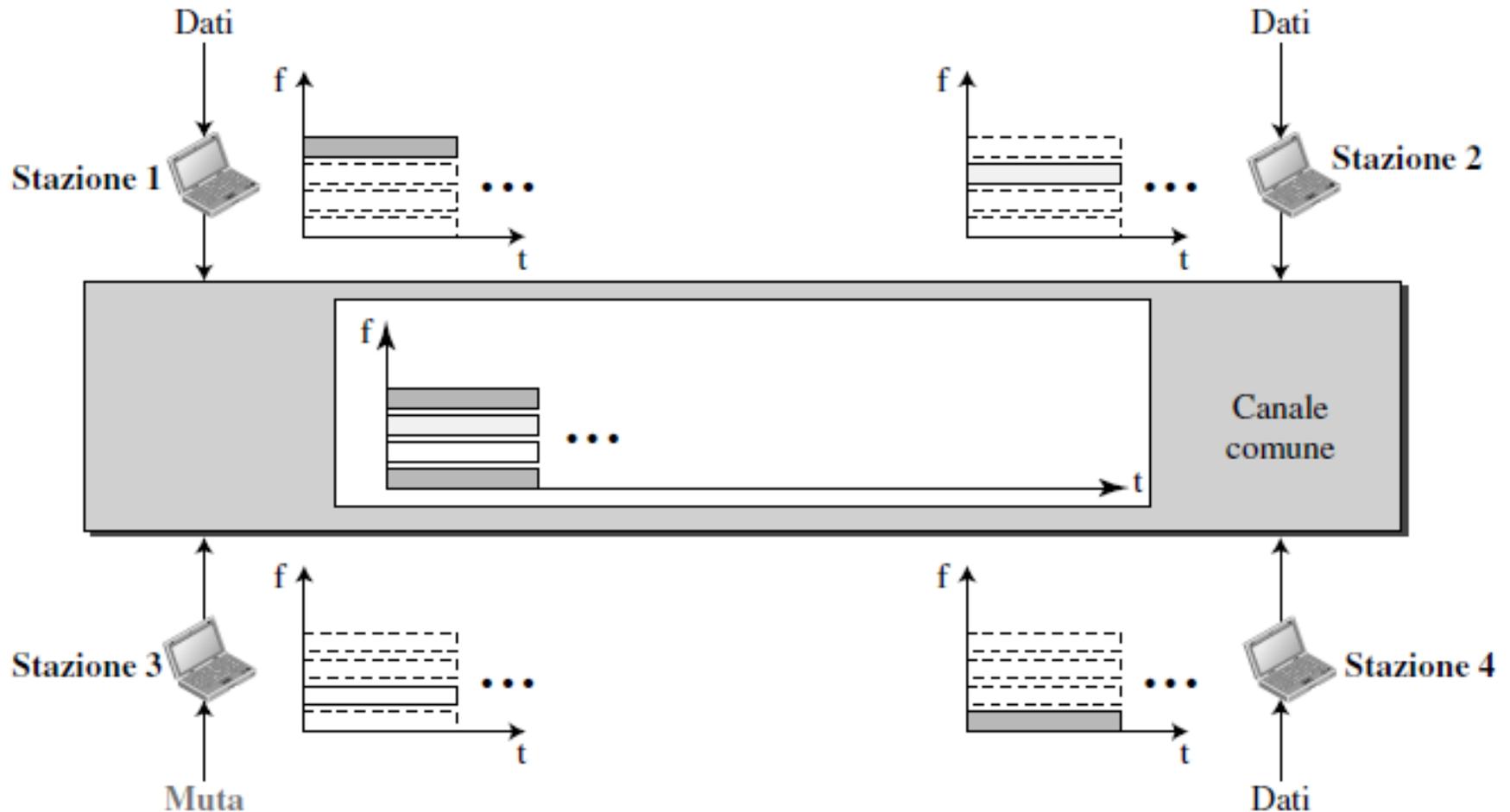
Parte di queste slide sono state prese dal materiale associato ai libri:

- 1) B.A. Forouzan, F. Mosharraf – Reti di calcolatori. Un approccio top-down. Copyright © 2013 McGraw-Hill Education Italy srl. Edizione italiana delle slide a cura di Gabriele D'Angelo e Gaia Maselli
- 2) Computer Networking: A Top Down Approach , 6th edition. All material copyright 1996-2009 J.F Kurose and K.W. Ross, All Rights Reserved

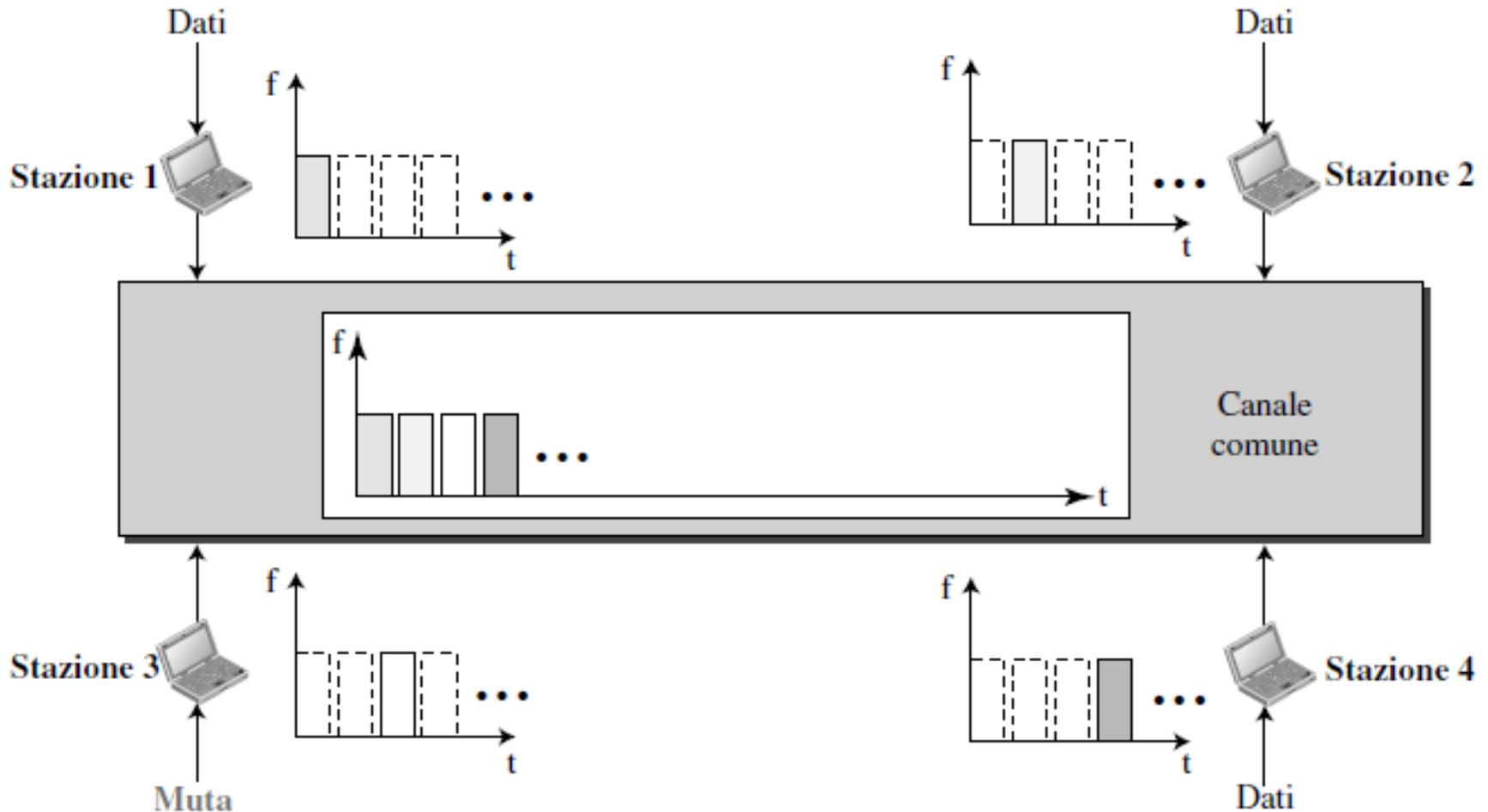
Accesso al mezzo mediante suddivisione del canale

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

Accesso multiplo a divisione di frequenza (FDMA)

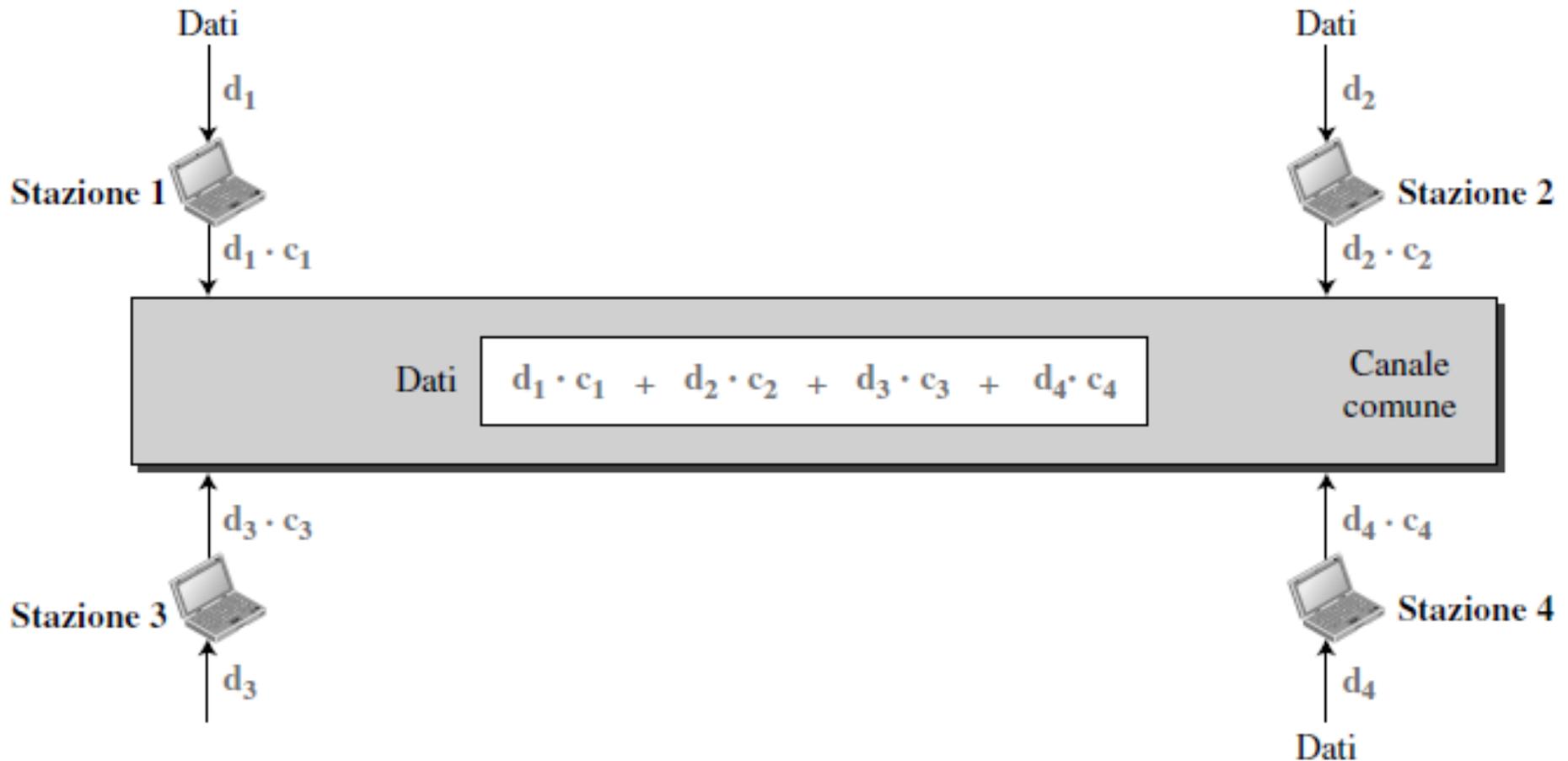


Accesso multiplo a divisione del tempo (TDMA)



CDMA: Code Division Multiple Access

- ❖ Un solo canale occupa l'intera ampiezza di banda
- ❖ Tutte le stazioni possono inviare contemporaneamente



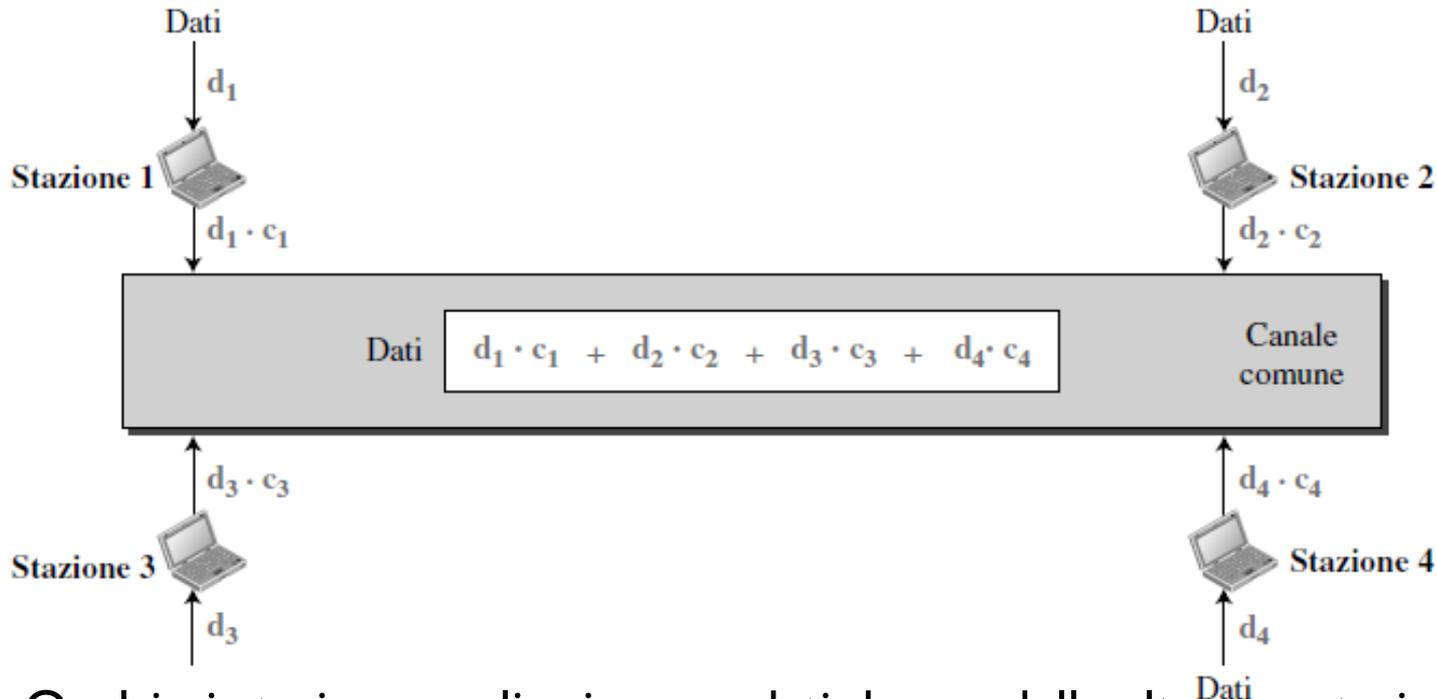
CDMA: analogia



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

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

C_1

[+1 +1 +1 +1]

C_2

[+1 -1 +1 -1]

C_3

[+1 +1 -1 -1]

C_4

[+1 -1 -1 +1]

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 CDMA

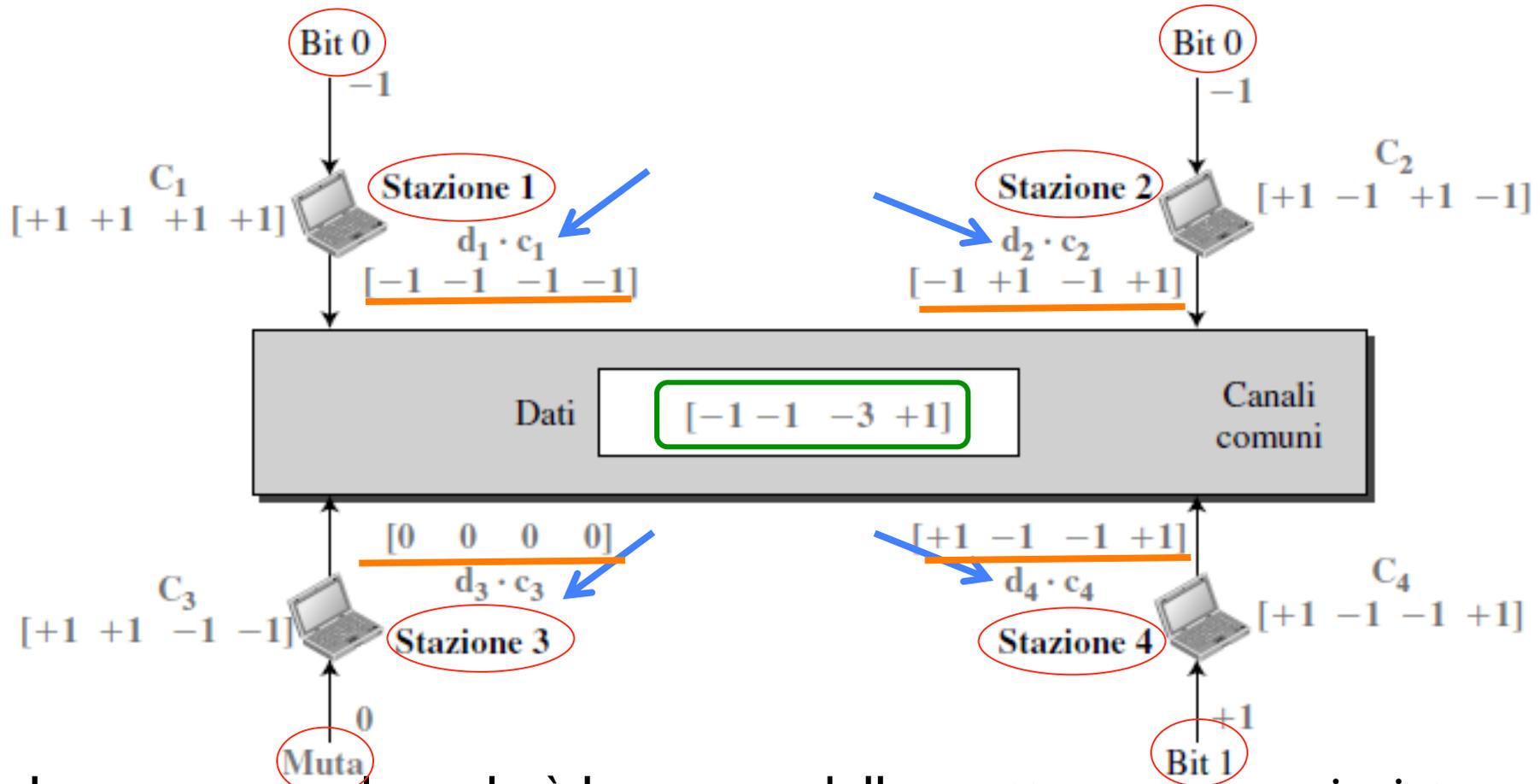
❖ Regole per la codifica

Bit dati 0 \longrightarrow -1

Bit dati 1 \longrightarrow +1

Silenzio \longrightarrow 0

Esempio



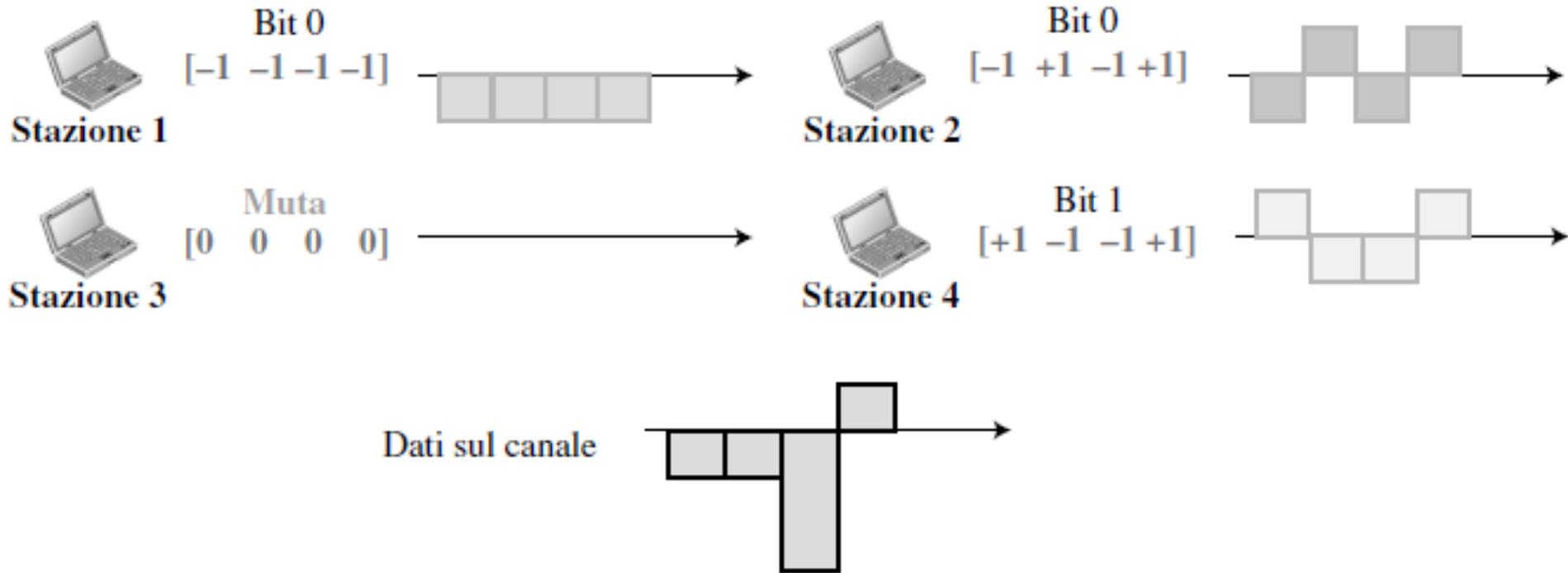
❖ La sequenza sul canale è la somma delle quattro sequenze inviate dalle stazioni

❖ La stazione 3 ascolta la 2 ➡

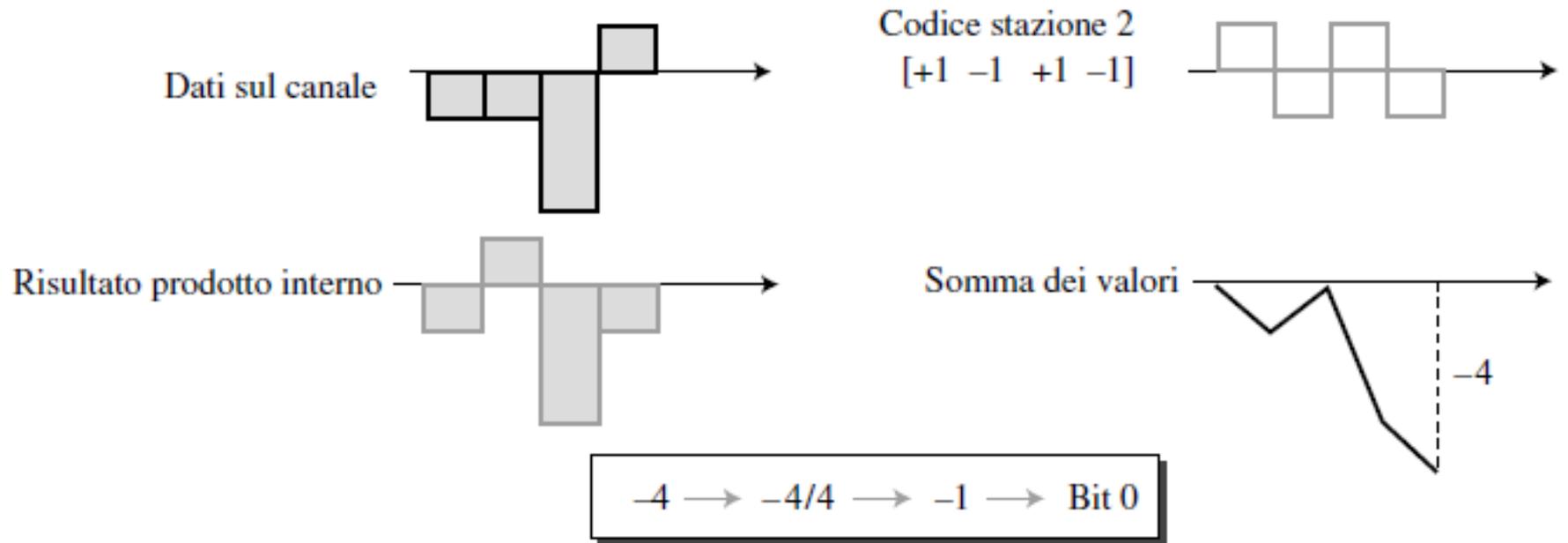
$$[-1 \ -1 \ -3 \ +1] \cdot [+1 \ -1 \ +1 \ -1] = -4$$

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

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)
- ❖ Ogni riga è una sequenza di chip
- ❖ W_1 indica una sequenza da un chip 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

a. Due regole base

esempio

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

a. Due regole base

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

b. Generazione di W_1 , W_2 e W_4

Bluetooth

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



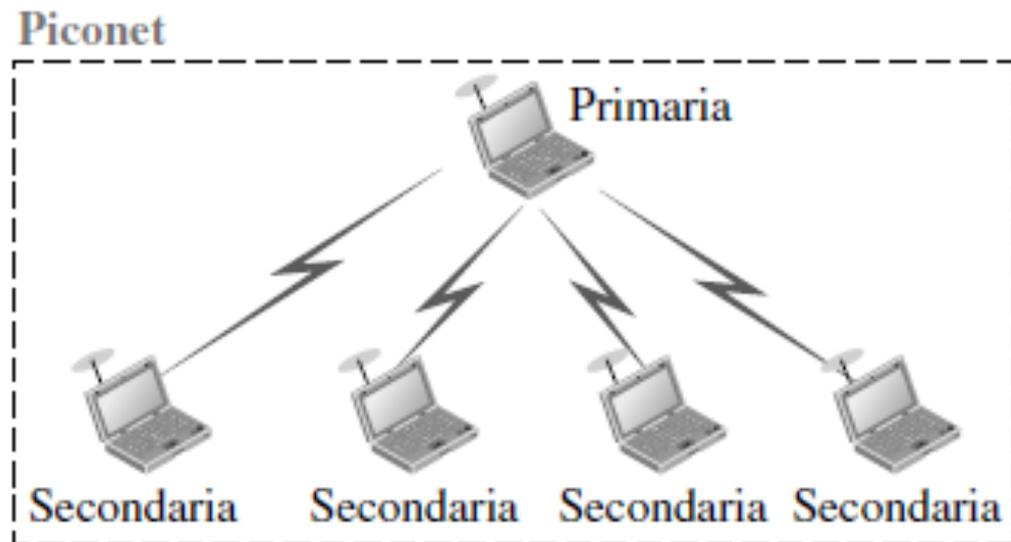
Raggio trasmissivo = 10 m

LAN Bluetooth

- ❖ Una LAN Bluetooth è una rete ad hoc
 - Si forma spontaneamente senza aiuto di alcuna stazione base (AP)
- ❖ 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

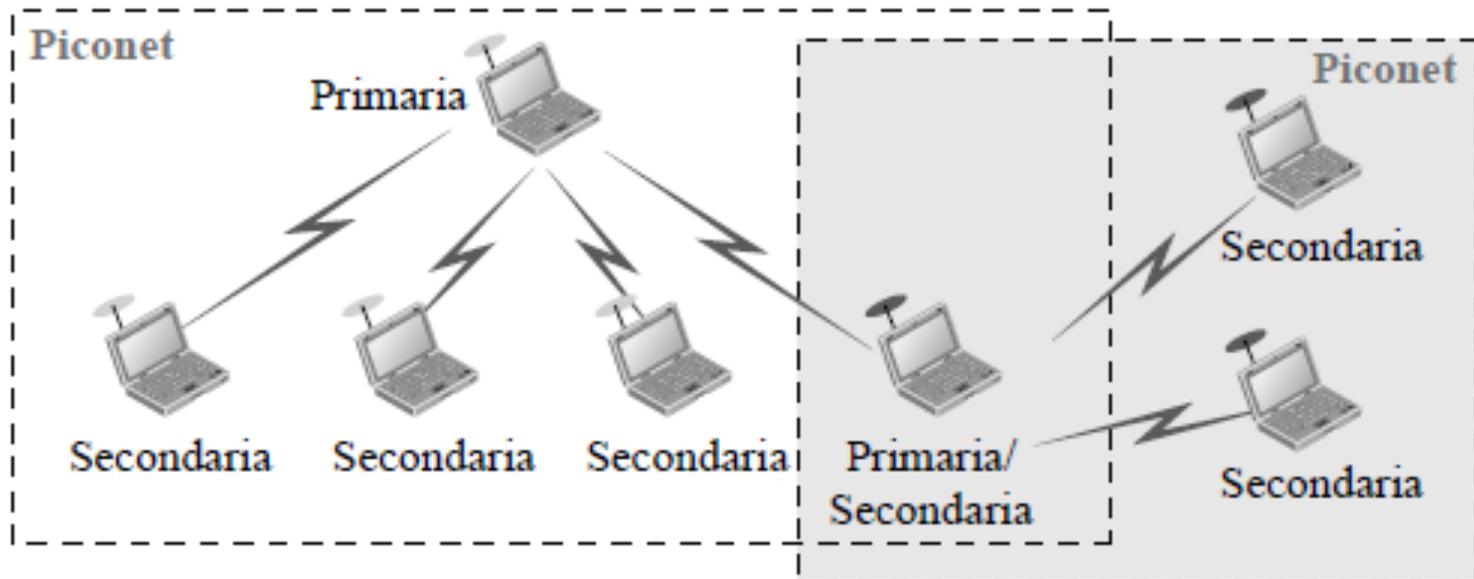
Architettura: piconet e scatternet

- ❖ 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, non possono prendere parte alla comunicazione finché una 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



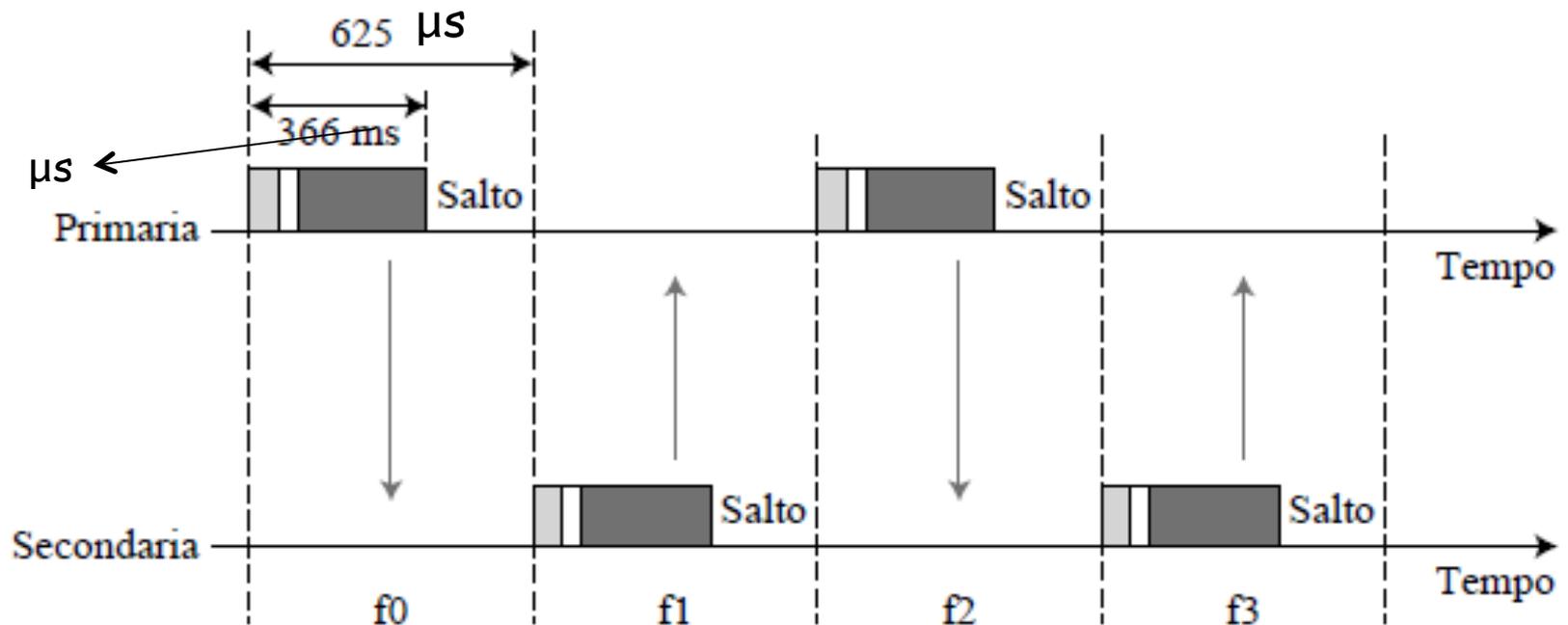
Dispositivo Bluetooth

- ❖ 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 MAC

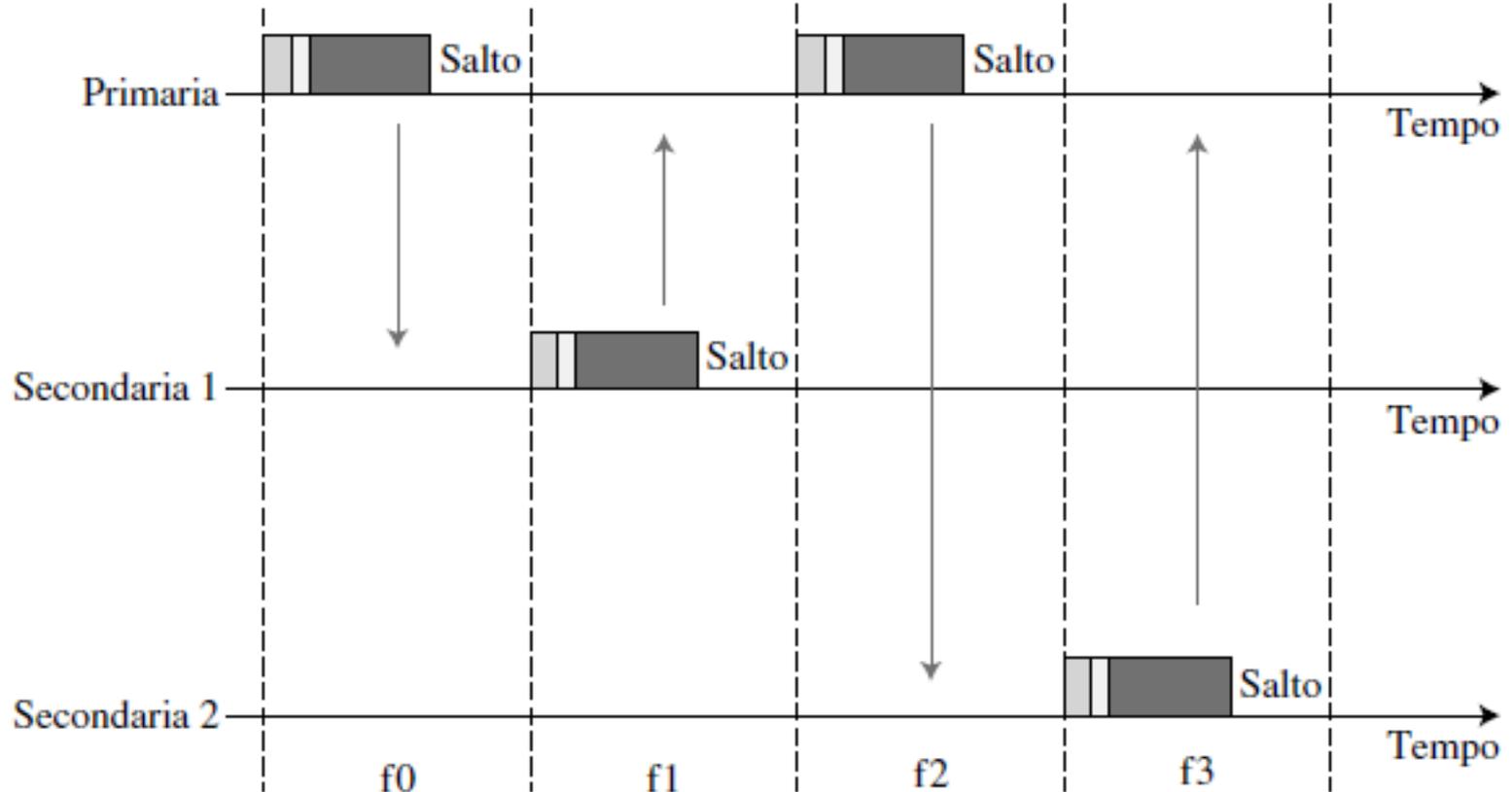
- ❖ Bluetooth usa TDMA
- ❖ Slot temporali di $625 \mu\text{s}$
- ❖ Mittente e destinatario invia e ricevono dati ma non contemporaneamente (half duplex)



Comunicazione con secondaria singola

Protocollo MAC

- ❖ Comunicazione con più secondarie: la primaria specifica chi deve trasmettere



Altre tecnologie wireless?

- ❖ Reti cellulari
- ❖ Reti di sensori
- ❖ RFID
- ❖ Internet of things