

Reti wireless: protocollo CDMA, altre tecnologie wireless

Gaia Maselli

maselli@di.uniroma1.it

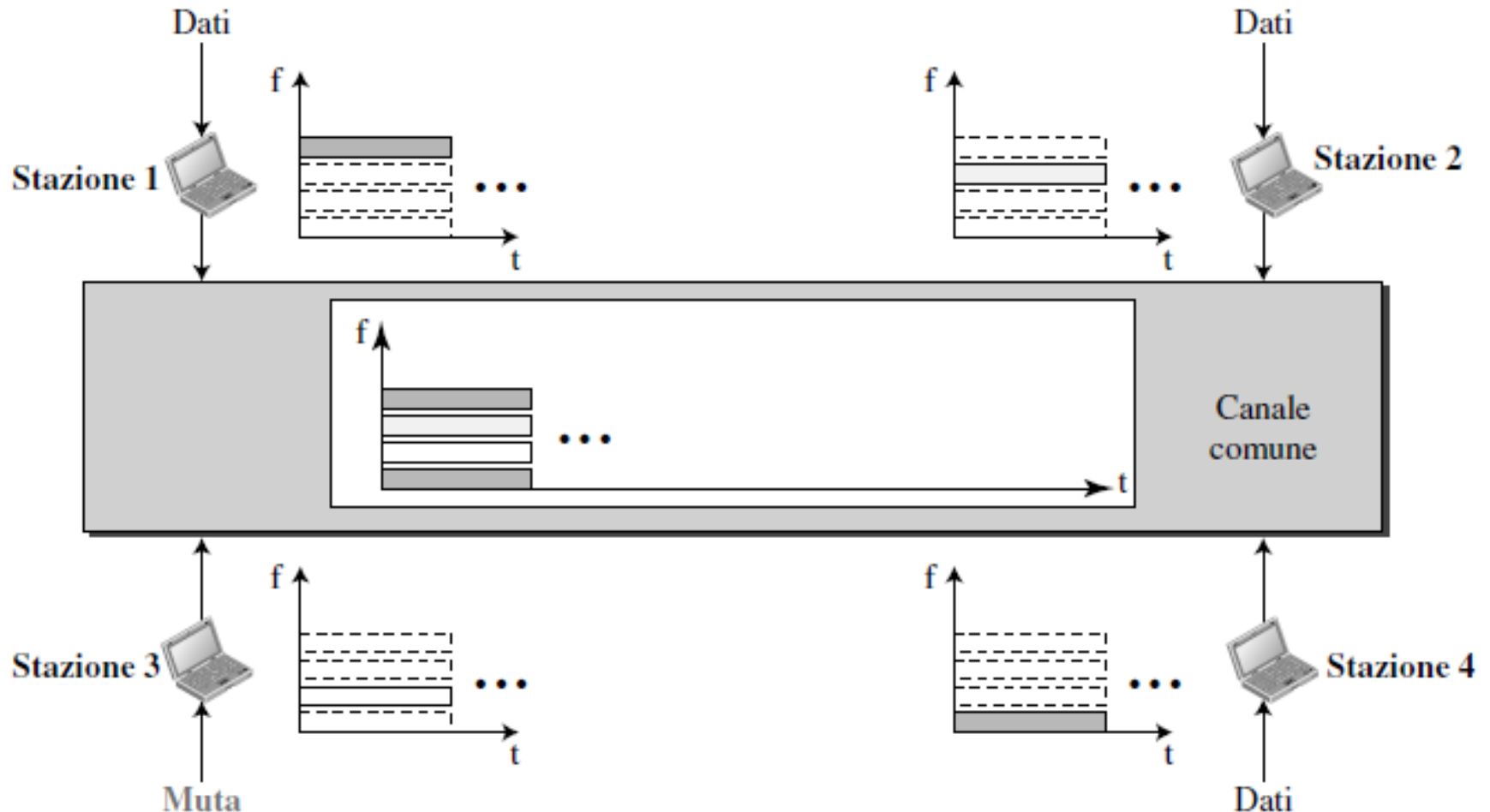
Parte di queste slide sono state prese dal materiale associato ai libri:

- 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

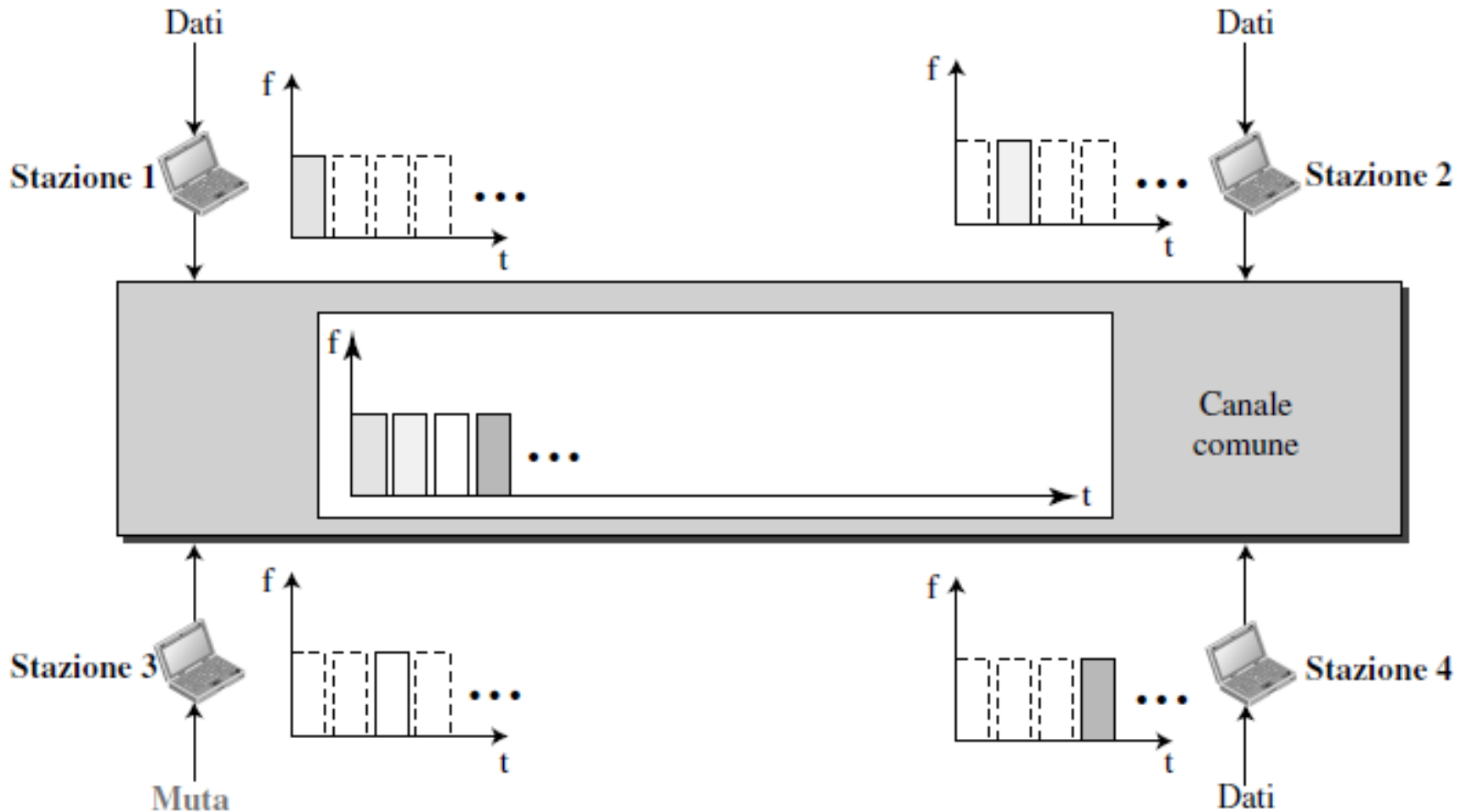
Accesso al mezzo mediante suddivisione del canale

- 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)



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...

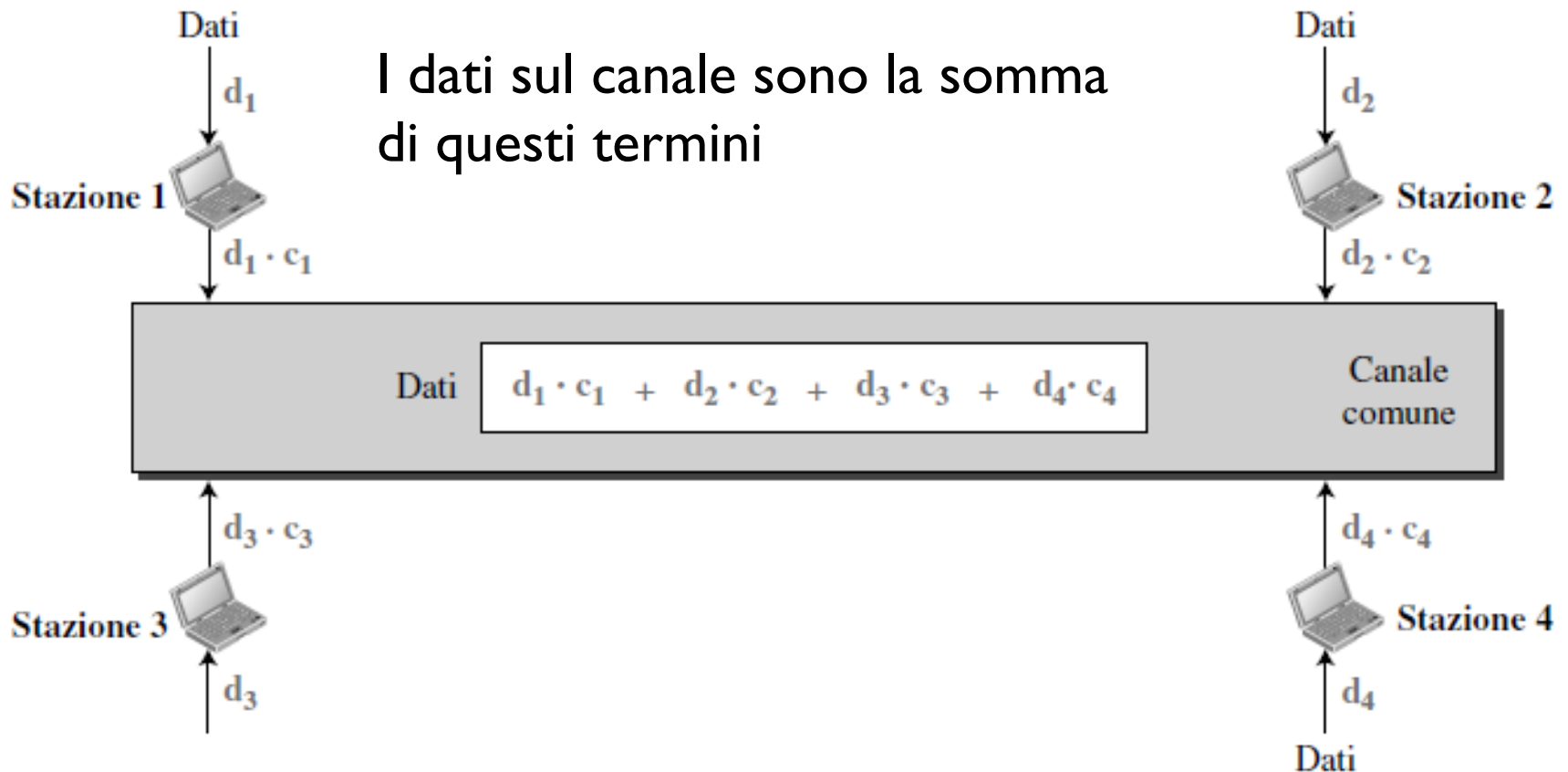
CDMA: analogia



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

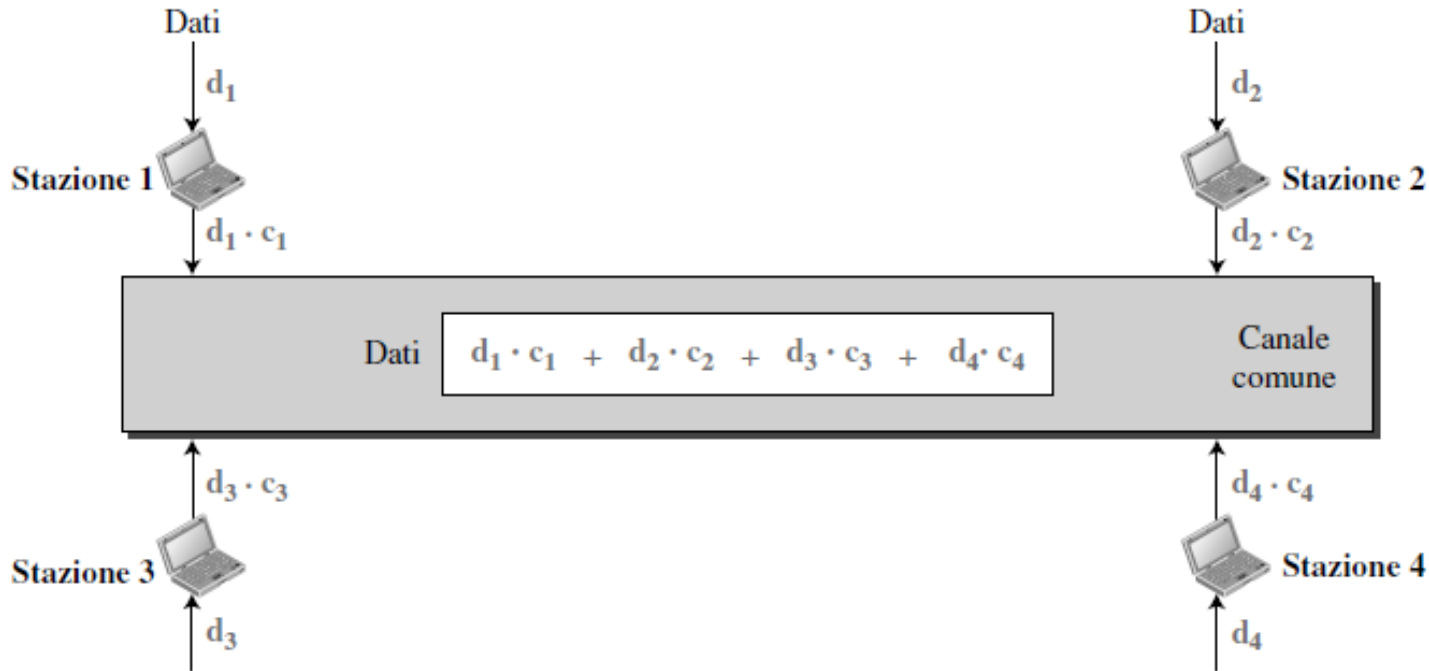
CDMA: Code Division Multiple Access

- ❖ 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

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

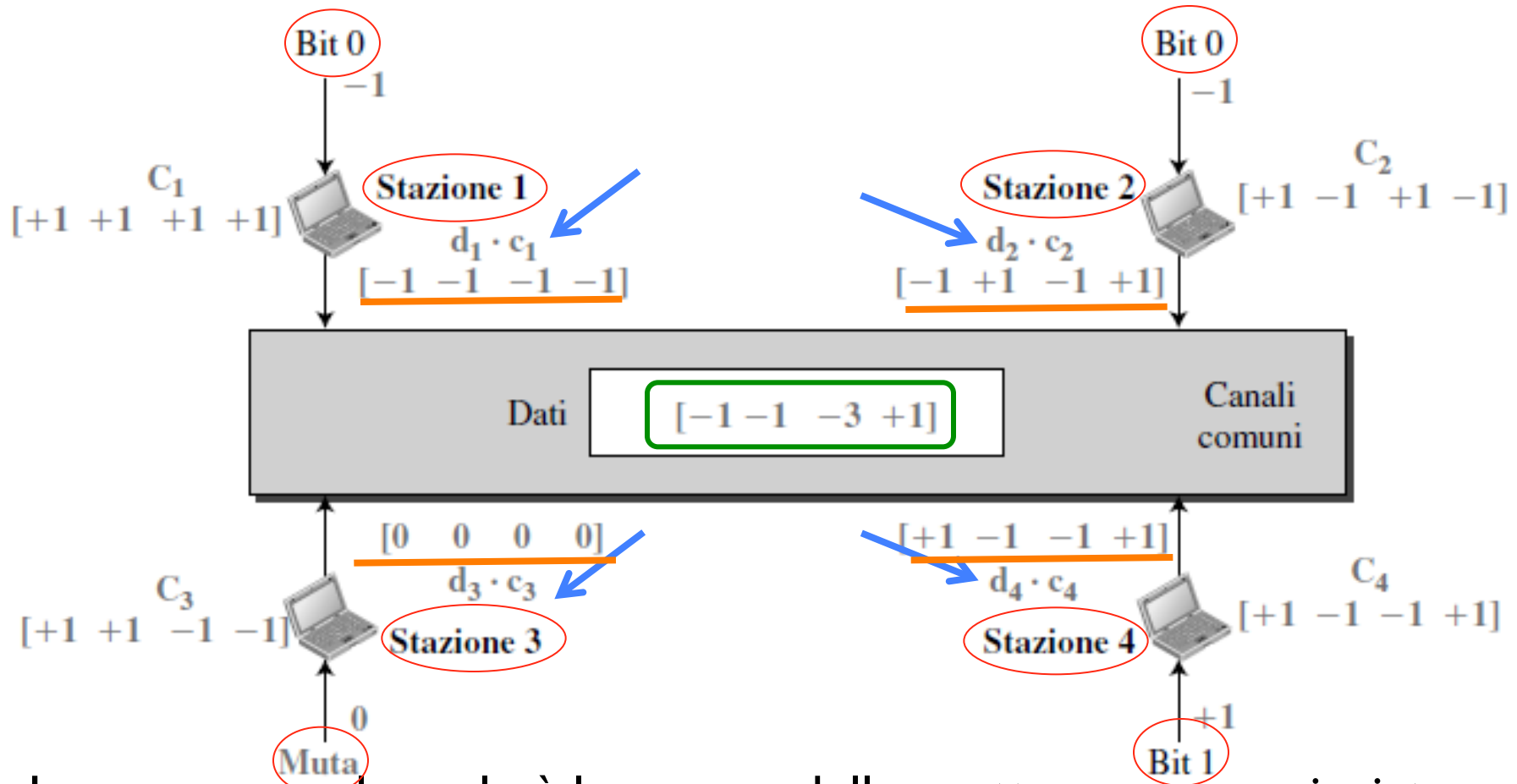
❖ Regole per la codifica

Bit dati 0 \longrightarrow -1

Bit dati 1 \longrightarrow +1

Silenzio \longrightarrow 0

Esempio



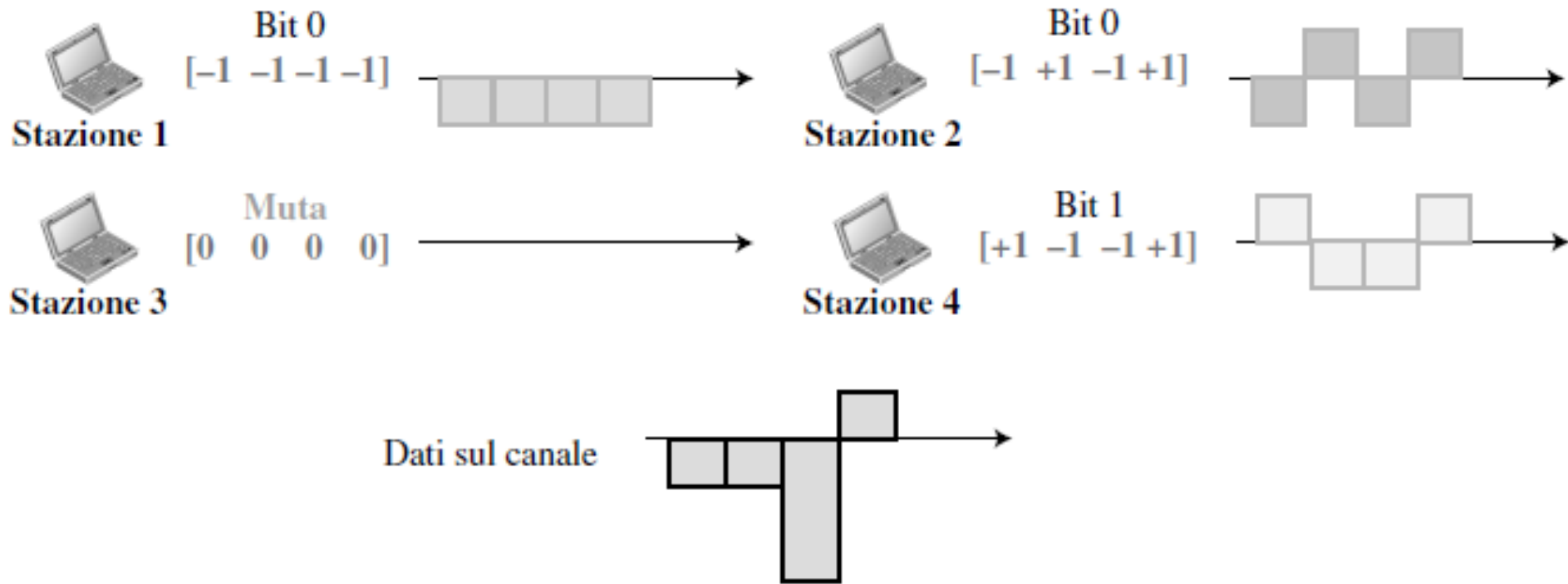
❖ La sequenza sul canale è la somma delle quattro sequenze inviate dalle stazioni

❖ La stazione 3 ascolta la 2 ➡

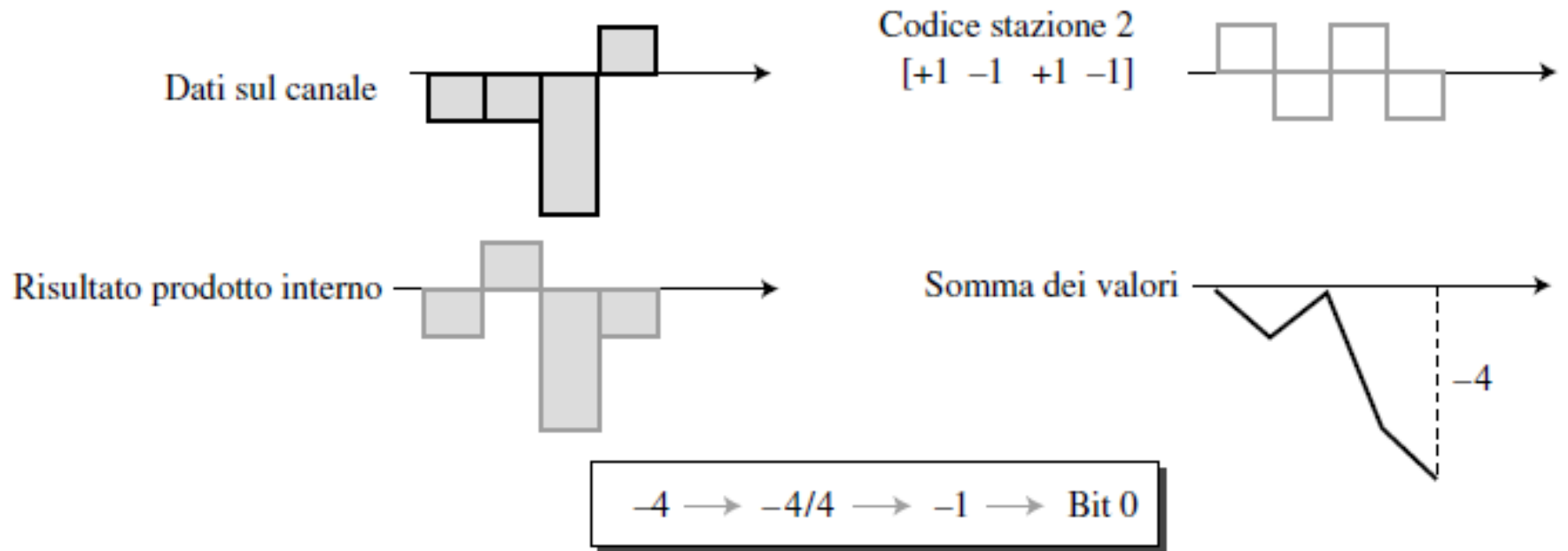
$$[-1 \ -1 \ -3 \ +1] \cdot [+1 \ -1 \ +1 \ -1] = -4$$

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

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)
- ❖ 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

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

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

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

b. Generazione di W_1 , W_2 e W_4

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 anche più efficienti (CSMA)

Bluetooth

Bluetooth

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



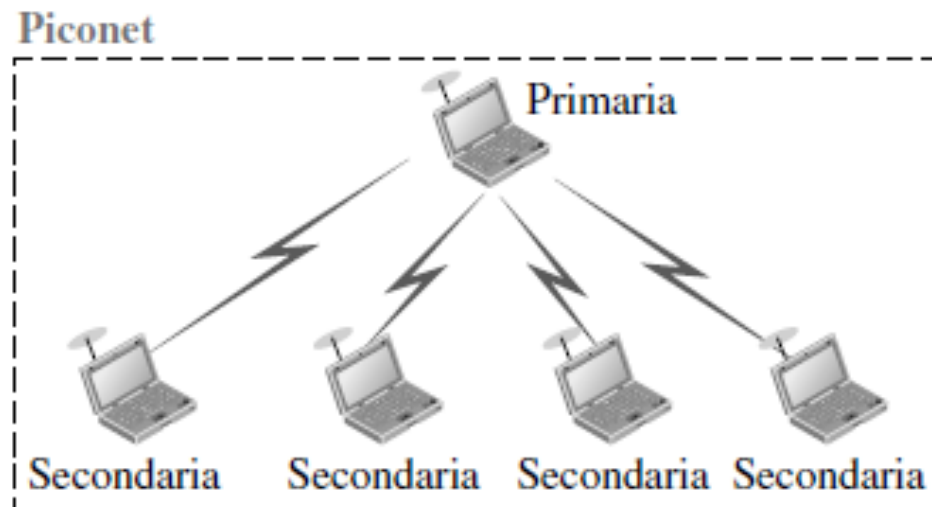
Raggio trasmissivo = 10 m

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

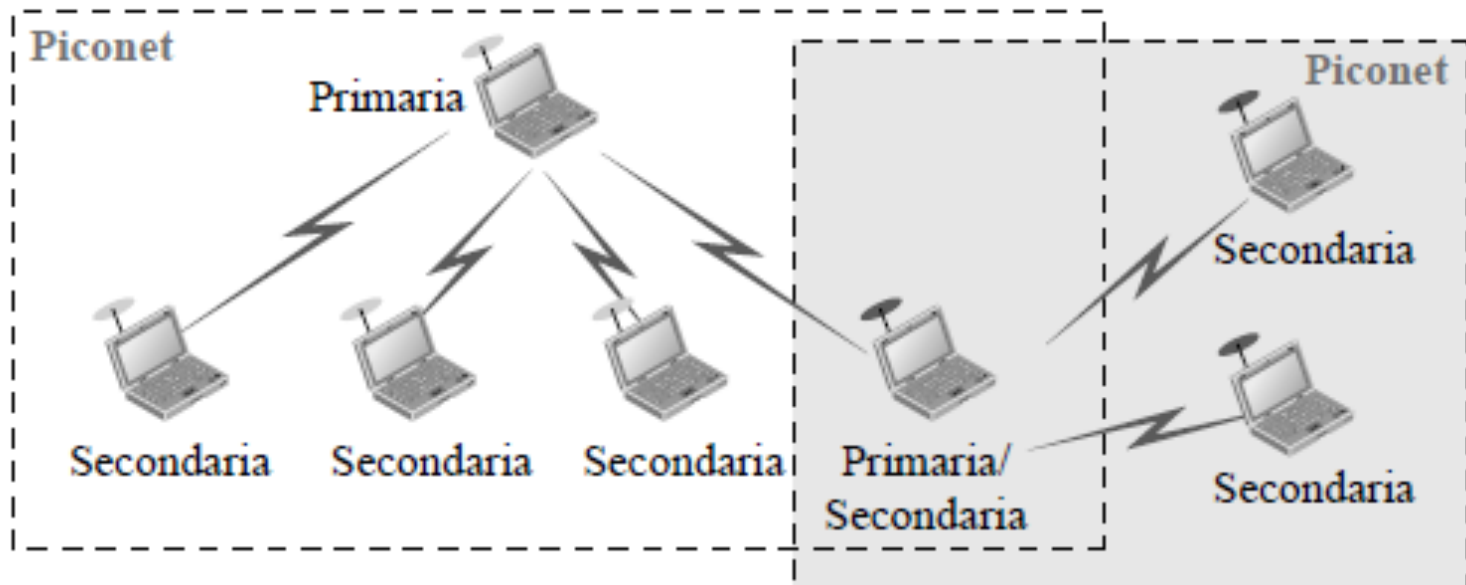
Architettura: piconet e scatternet

- ❖ 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) finché 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



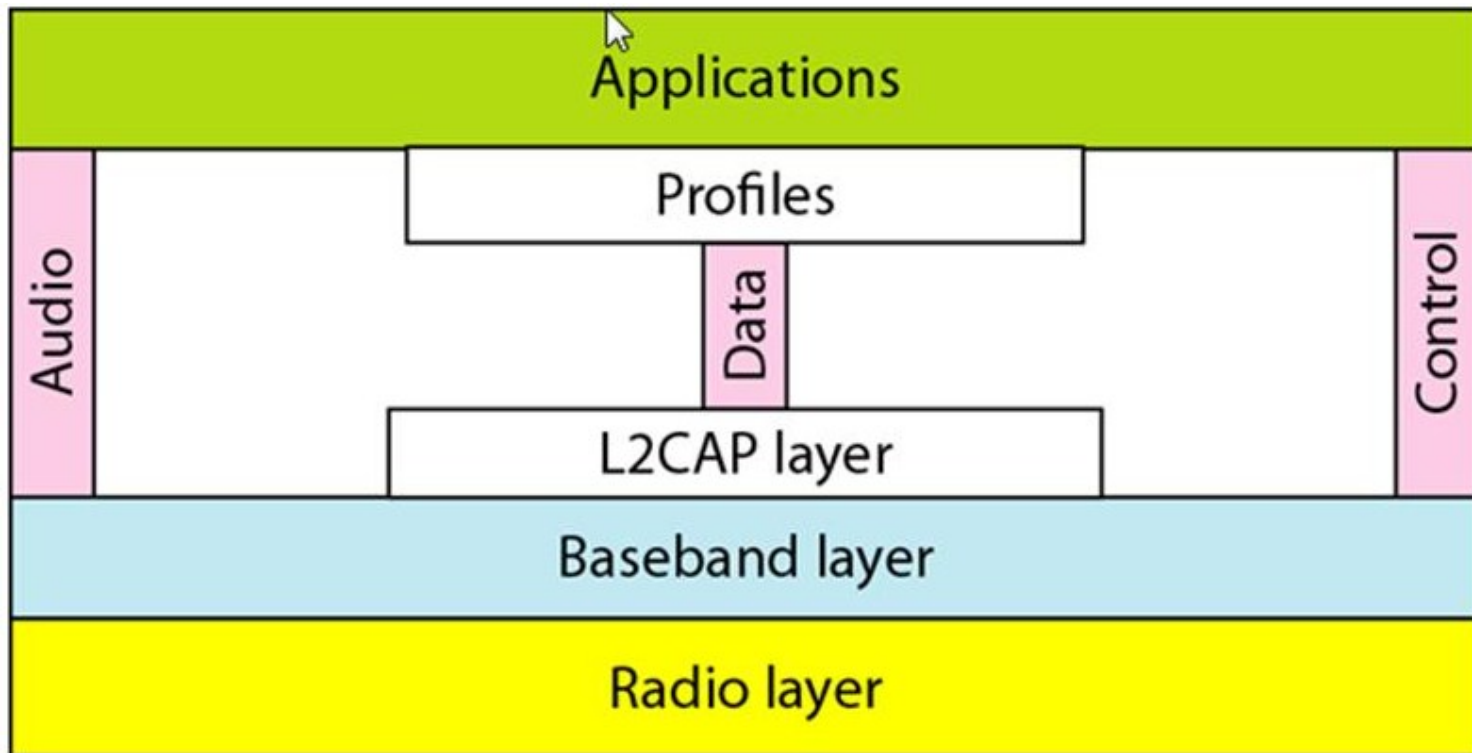
Dispositivo Bluetooth

- ❖ 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!!!

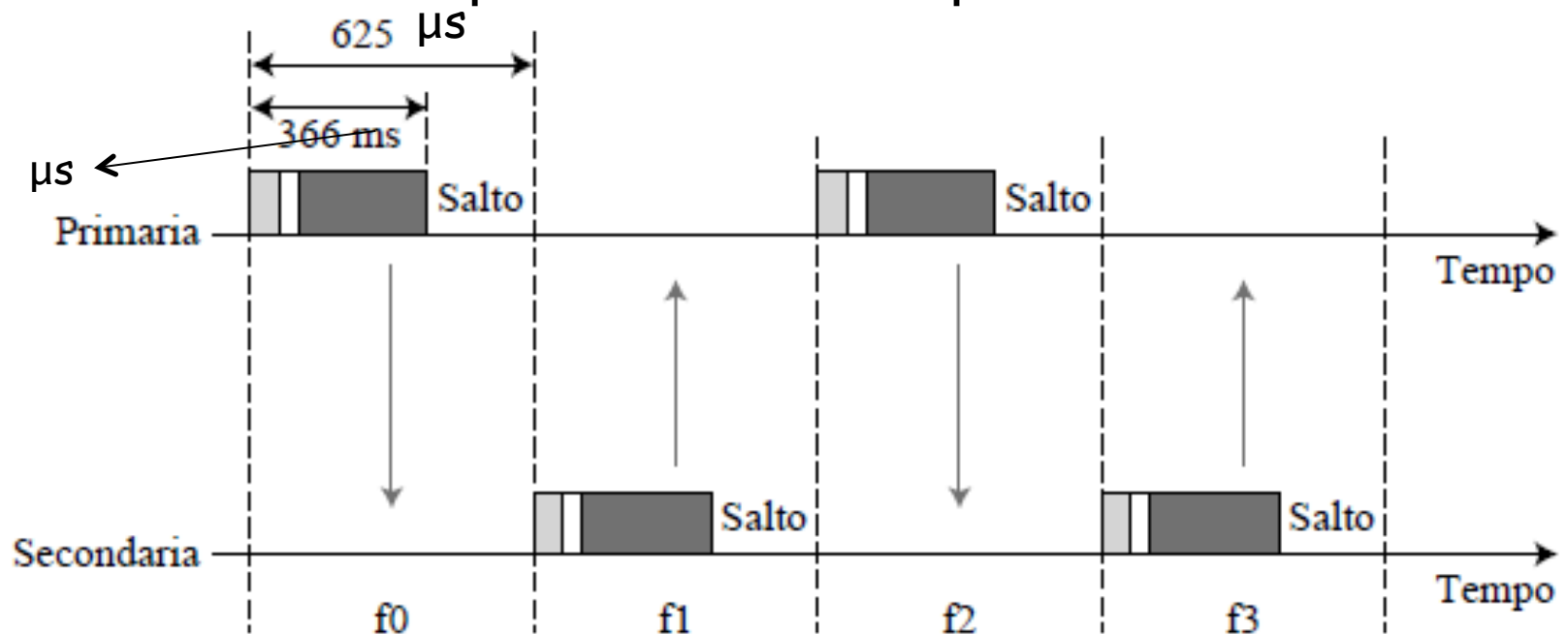
Bluetooth layers

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



Protocollo MAC

- ❖ Bluetooth usa TDMA
- ❖ Slot temporali di 625 μs
- ❖ 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

