



# IEEE 802.11 (Wi-Fi)

**Massimiliano Pieraccini**

# IEEE 802.11



1997 Standard IEEE 802.11	1 Mbit/s	2 Mbit/s		
1999 Standard IEEE 802.11b	1 Mbit/s	2 Mbit/s	5.5 Mbit/s	<b>11 Mbit/s</b>
Standard IEEE 802.11a	OFDM 5GHz	<b>54Mbps</b>		

Applicazione

TCP/IP

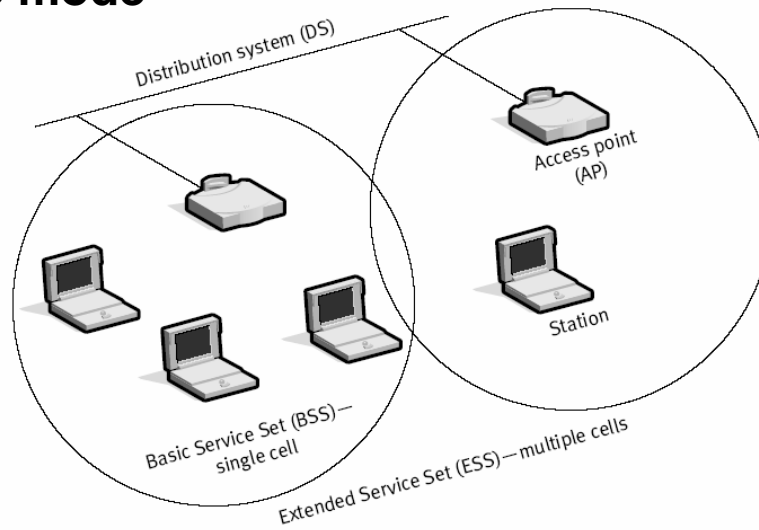
Link

Logic Link Control, MAC

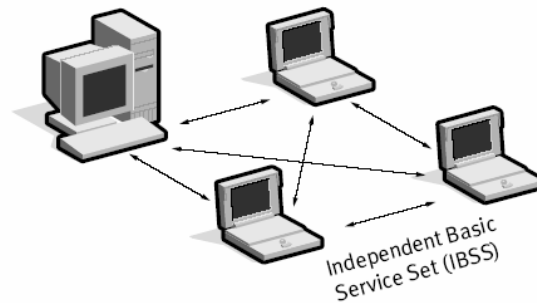
Physical

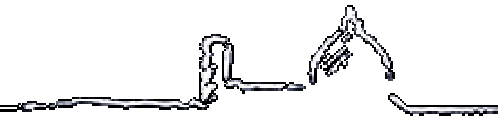
FHSS, DSSS, OFDM

## Infrastructure mode



## Ad Hoc mode





## 2.4 GHz band

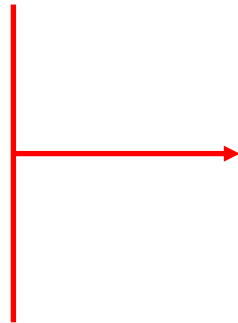
$$P_{RX} = P_{TX} G_{RX} G_{TX} \left( \frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2$$

$$P_{RX} = -70dBm$$

$$P_{TX} = 20dBm$$

$$G_{TX} = G_{RX} \approx 5dB$$

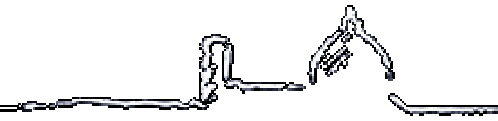
$$\lambda = 12cm$$



$$R \approx 100m$$

# Physical Layer

---



**2.4 GHz band**      Industrial, Scientific, and Medical (ISM) band      2.402 GHz – 2.479 GHz

FHSS: Frequency Hopping Spread Spectrum

DSSS: Direct Sequence Spread Spectrum



## FHSS: Frequency Hopping Spread Spectrum

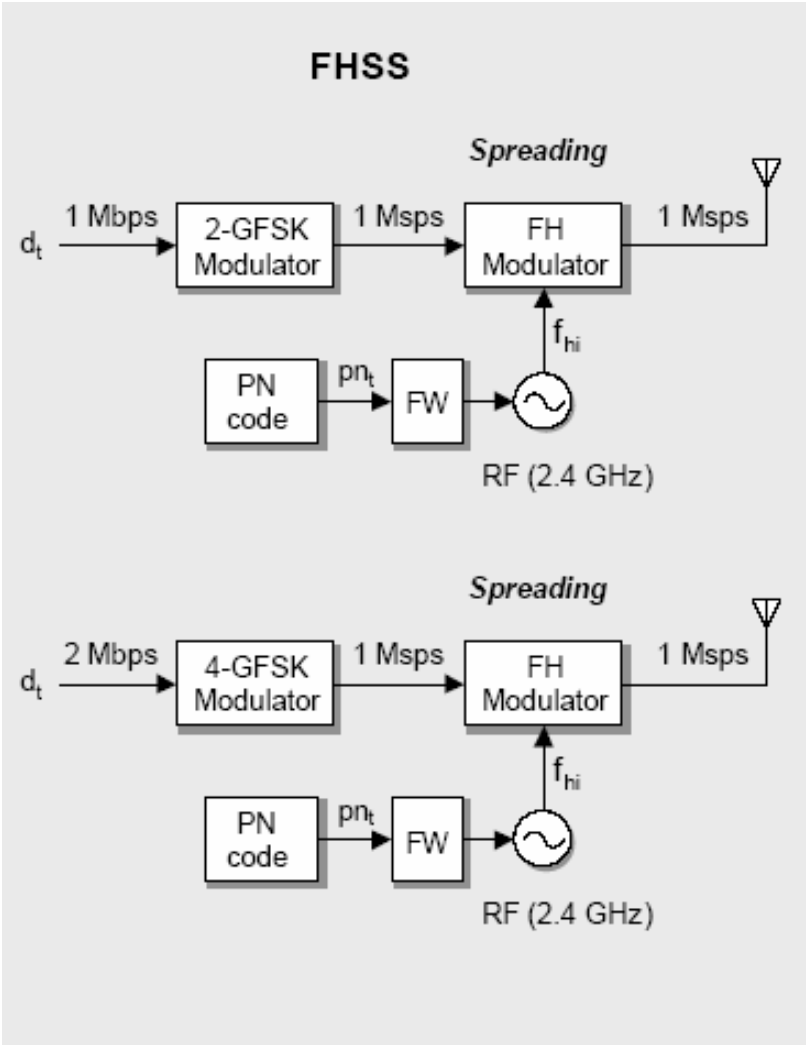
< 2 Mbit/s

La banda a 2.5 GHz è divisa in 75 canali da 1MHz

TX e RX fissano un **hopping pattern**. I pattern sono definiti in modo da minimizzare la possibilità che due TX usino lo stesso pattern simultaneamente.

224 $\mu$ s-400ms

GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)





## DSSS: Direct Sequence Spread Spectrum

14 canali da 22-MHz

I canali sono parzialmente sovrapposti in 3 zone separate

I dati sono trasmessi in un canale.

Data Rate	Code Length	Modulation	Symbol Rate	Bits/Symbol
1 Mbps	11 (Barker Sequence)	BPSK	1 MSps	1
2 Mbps	11 (Barker Sequence)	QPSK	1 MSps	2
5.5 Mbps	8 (CCK)	QPSK	1.375 MSps	4
11 Mbps	8 (CCK)	QPSK	1.375 MSps	8

Pseudo-noise sequences:

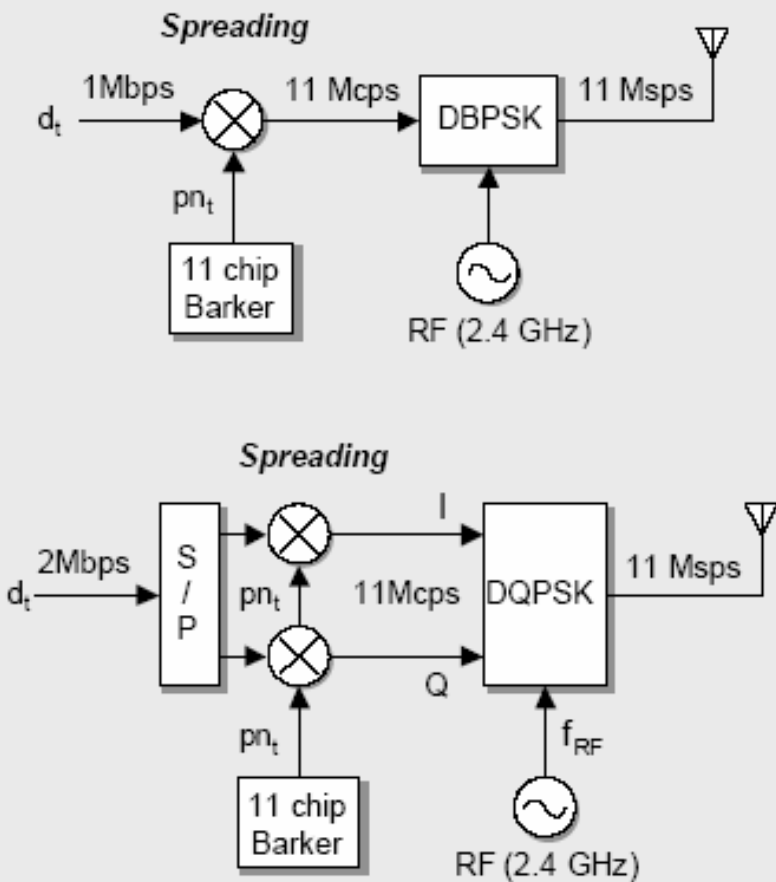
***Barker Sequence:*** 2 sequenze di 11 bit

***Complementary Code Keying (CCK):*** 64 sequenze di 8 bit





## DSSS





DSSS sfrutta meglio lo spettro, è in grado di operare con un più basso S/N

FHSS ha minore capacità, ma è più robusta alle interferenze e al multipath

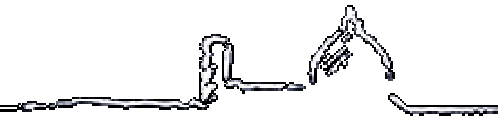
**802.11a**

**5GHz band**

**OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplex**

BPSK, QPSK, and 16-QAM

*(Vedi ADSL)*



## OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplex

$R$  [bit/s]       $N$  canali paralleli

$T_s = \frac{N}{R}$       tempo tra un bit e il successivo in un canale

$\Delta f = \frac{1}{T_s}$       larghezza di banda di ciascun canale

$$g(t) = \sum_{n=0}^{N-1} a_n e^{j2\pi f_n t} \quad f_n = \frac{n}{T_s} \quad 0 < t < T_s \quad a_n \text{ bit di informazione}$$



Antitrasformata di Fourier



La trasmissione è divisa in pacchetti,  
la robustezza della trasmissione è assicurata da:

**Packet fragmentation**

**CRC**

**ACK**



## CS MA: Carrier Sense Multiple Access

Il tx si accorge se qualcuno trasmette e quindi attende a trasmettere fino a quando il canale è libero

## CD: Collision Detection

Il tx interrompe la comunicazione (e invia un segnale di jam “ingorgo”) se sente qualcun altro trasmettere, dopo un tentativo fallito (abort) attende un tempo random e riprova

**Purtroppo, mentre sta trasmettendo il segnale RF, il terminale non può rivelare se un altro terminale sta trasmettendo**



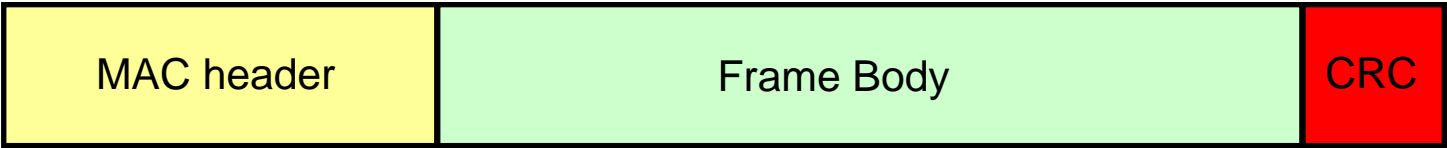
## MAC: Media Access Control

### CS MA: Carrier Sense Multiple Access

Il tx si accorge se qualcuno trasmette e quindi attende a trasmettere fino a quando il canale è libero. Se trova il canale libero aspetta un tempo random, controlla che il canale sia ancora libero, quindi trasmette

### CD: Collision Detection

Il tx trasmette l'intero pacchetto e aspetta il segnale di **ACK**, se non lo riceve suppone che ci sia stata una collisione, quindi attende un tempo random e riprova



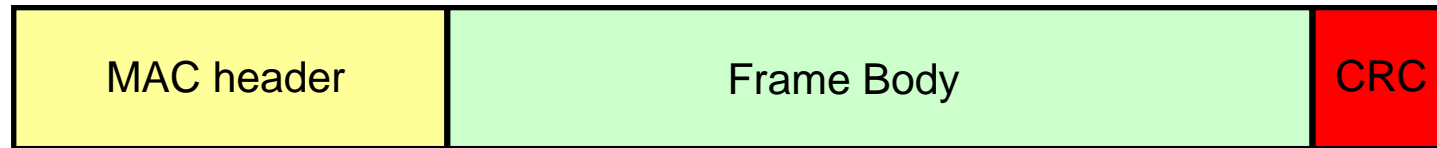
MAC header

2 byte	Frame Control	tipo di frame
2 byte	Duration	tempo di attesa dell'ack
6 byte	Adress 1 (48bit)	
6 byte	Adress 2 (48bit)	
6 byte	Adress 3 (48bit)	
2 byte	Sequence Control	numero seriale del frame
6 byte	Adress 3 (48bit)	



## Data Link Layer

---



### Frame Body

0-2312 byte (possono essere crittografati)

### CRC

32 bit