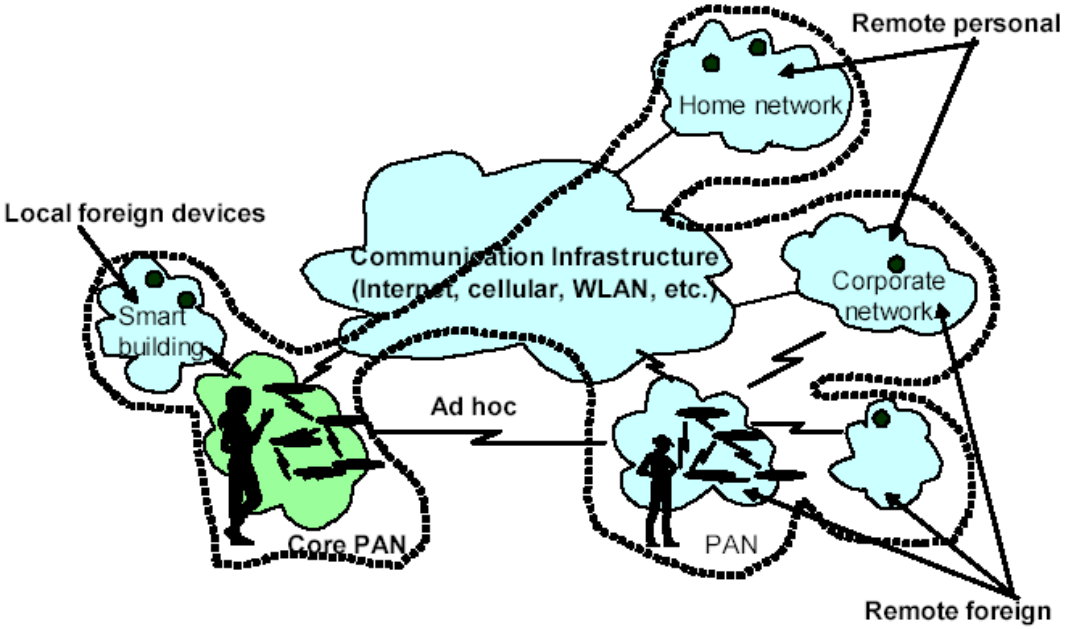
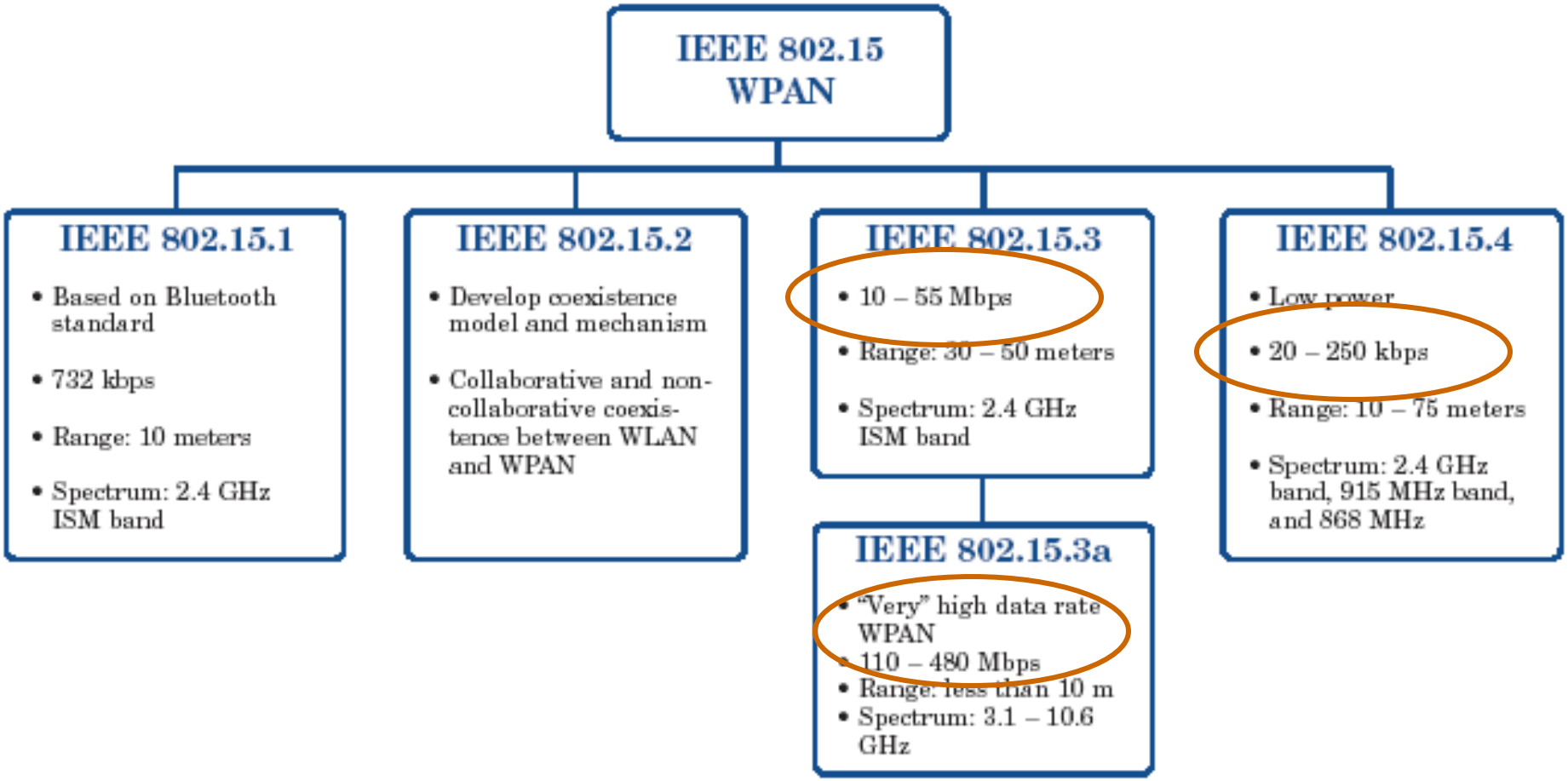
Standards per WSNs

WPAN

Gli standard per reti di sensori, ricadono nella più ampia categoria di standard per le **Wireless Personal Area Networks**, ossia reti di comunicazione tra dispositivi che si trovano nella Personal Area, ossia a distanza **1m fino a 10m dall'utente** (visione **user-centric**) che comprendono sia comunicazioni a corto raggio ad alte data rate (per applicazioni multimediali) o comunicazioni a corto raggio a medio e basso data rate (per comunicare i parametri vitali rilevato da sensori al nostro smart phone e da questo a un centro di controllo medico). *Nota: il concetto di user-centric è stato oggi superato dal concetto di data-centric. Le comunicazioni possono avvenire direttamente tra macchine, senza che ci sia l'utente (Machine-to-Machine).*



WPAN


IEEE 802.15
WPAN
IEEE 802.15.1
• Based on Bluetooth standard
• 732 kbps
• Range: 10 meters
• Spectrum: 2.4 GHz ISM band
IEEE 802.15.2
• Develop coexistence model and mechanism
• Collaborative and non-collaborative coexistence between WLAN and WPAN
IEEE 802.15.3
• 10 – 55 Mbps
• Range: 30 – 50 meters
• Spectrum: 2.4 GHz ISM band
IEEE 802.15.3a
• "Very" high data rate WPAN
• 110 – 480 Mbps
• Range: less than 10 m
• Spectrum: 3.1 – 10.6 GHz
IEEE 802.15.4
• Low power
• 20 – 250 kbps
• Range: 10 – 75 meters
• Spectrum: 2.4 GHz band, 915 MHz band, and 868 MHz

Bluetooth

L'idea originale da cui deriva bluetooth nasce nel 1994, quando Ericsson Mobile Communications inizia a studiare una tecnologia a basso consumo che consenta di sostituire i cavi nell'ambito degli accessori per telefonia cellulare

in seguito nel 1998 Ericsson, Nokia, IBM, Toshiba e Intel hanno formato il Bluetooth SIG e nello stesso anno hanno rilasciato la prima versione del protocollo.

Nel marzo 2002 come ricordato nel paragrafo 1.2, Bluetooth è stato integrato all'interno dello standard IEEE 802.15.1

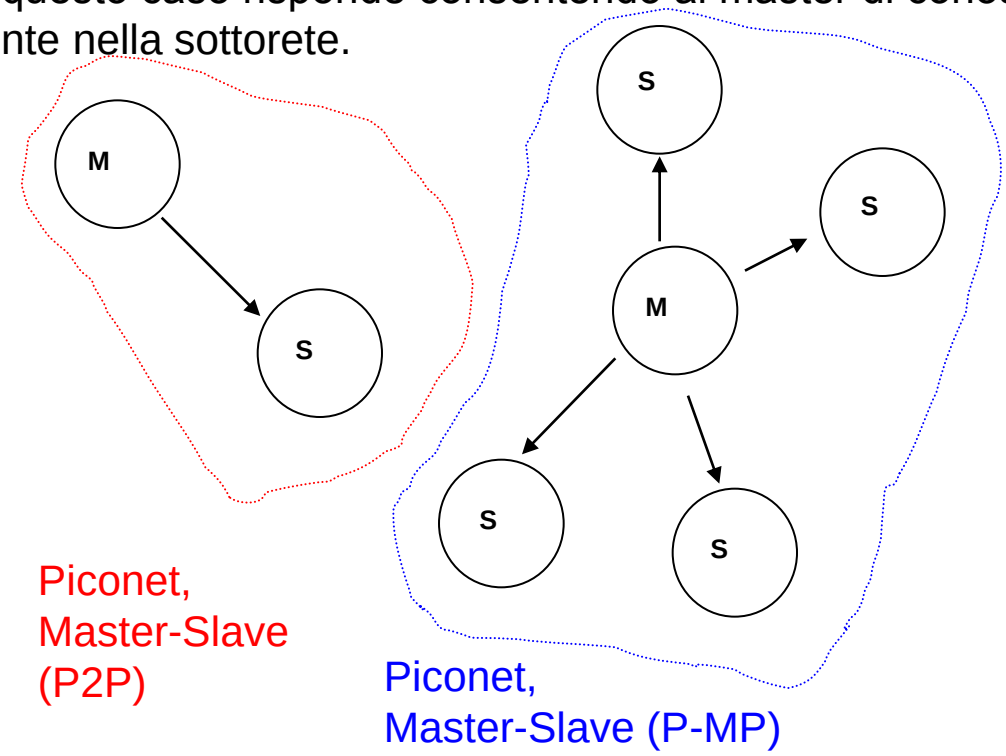
- Fanno parte delle WPAN a medio data rate (>500kbps e < 10Mbps)
- Lavorano nella banda non licenziata ISM (2.4GHz)
- Utilizza un Fast rate (1600 hops/s) Frequency Hopping (FH) con 79 sequenze di hop distanziate di 1MHz ⇒ robusto all'interferenza
- una modulazione di segnale di tipo GFSK *Gaussian shaped Frequency Shift Keying.*

Bluetooth

Ogni dispositivo Bluetooth è in grado di operare come ***master*** *o come* ***slave****,*

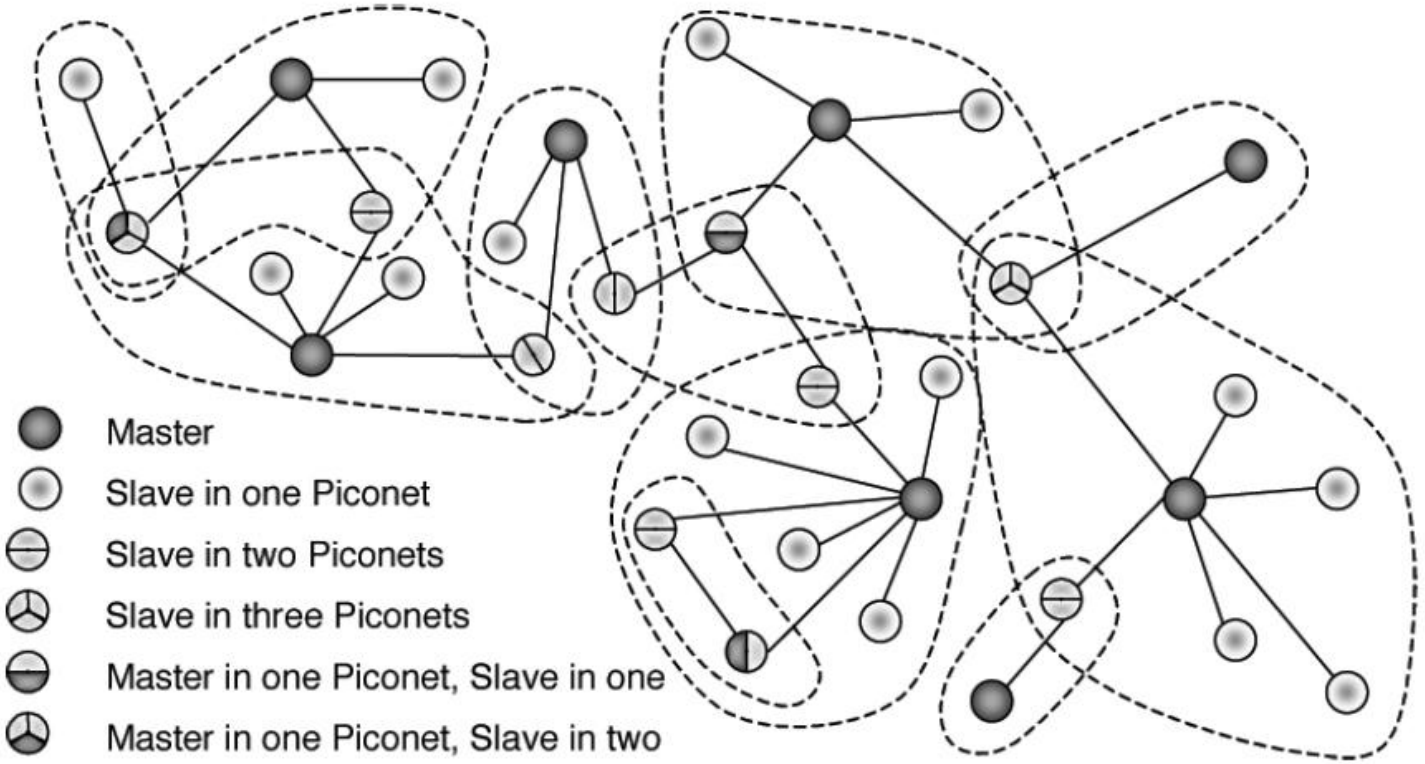
il protocollo prevede un massimo di ***8*** *dispositivi slave che interagiscono attivamente con un master, ciò dà luogo a delle sottoreti che vengono indicate* ***piconet***

Ogni dispositivo Bluetooth all'accensione è in grado di operare come slave per un dispositivo master già attivo, infatti, rimane in ascolto della ricerca da parte del master di nuovi dispositivi ed in questo caso risponde consentendo al master di conoscere l'indirizzo del nuovo slave presente nella sottorete.



Bluetooth

Le reti piconet possono essere interconnesse tra loro creando delle reti **scatternet,** queste ultime risultano essere interessanti poiché consentono la definizione di una struttura di rete multi-hop, cioè che consente la comunicazione fra due nodi non connessi direttamente



Bluetooth

Accesso Multiplo TDMA

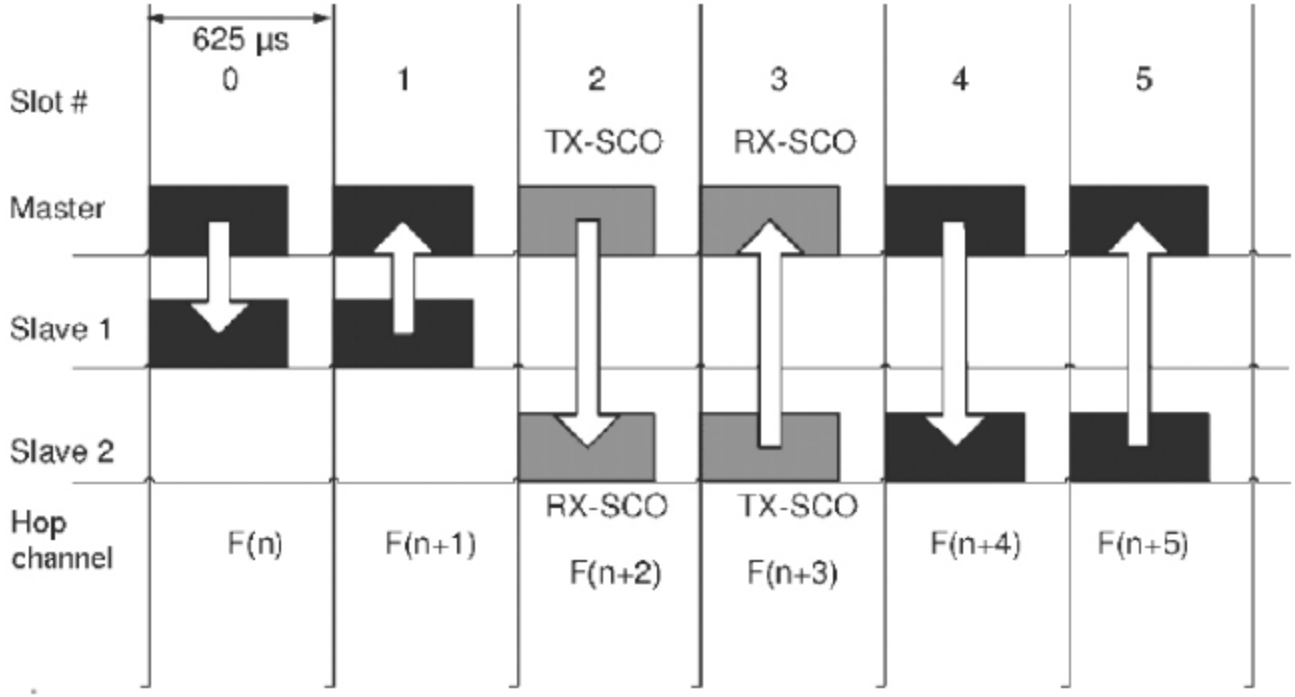
- Uno slave quando vuole accedere ad una piconet deve attendere un segnale di ***inquiry*** (richiesta) da parte del master della sottorete.
- A questo punto lo slave è a conoscenza dell'indirizzo del master e della fase di clock del master stesso.
- Queste informazioni vengono utilizzate dal dispositivo slave per definire la hopping sequence, cioè la sequenza delle frequenze che verranno utilizzate nella trasmissione.

Bluetooth

Accesso Multiplo TDMA

Il canale di trasmissione viene cambiato 1600 volte al secondo, ciò significa che la frequenza di trasmissione rimane invariata per periodi di 625µs*, questi intervalli vengono definiti time slots e sono identificati da un sequence number*

I dispositivi *master iniziano la trasmissione negli slot pari, mentre gli slave nei dispari*



Bluetooth

QoS

Sono previsti due diversi tipi di link

ACL *Asynchronus ConnectionLess links*
sono idonei per applicazioni *non real time*

- Un ACL è un collegamento P2MP tra il Master e tutti gli slave della piconet
- La trasmissione da parte dello slave di un pacchetto ACL è controllata da un pacchetto di polling mandato dal Master
- Quando riceve il POLL, lo slave risponde o mandando dati o mandando pacchetti nulli se non hanno nulla da trasmettere.
- La banda allocata allo slave è controllata dalla frequenza di polling (allo slave a cui mando più frequentemente messaggi di POLL sto assegnando più banda)

Bluetooth

QoS

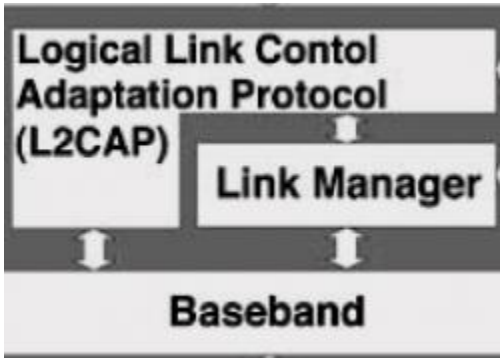
Sono previsti due diversi tipi di link

SCO Synchronus Connection Oriented links

- Un SCO link è un collegamento simmetrico P2P tra il Master e uno slave della piconet
- Il SCO link viene instaurata dal Master mandando un pacchetto di SCO setup (che contiene le informazioni per esempio sugli slot temporali che sono riservati per quel link) attraverso il protocollo Link Manager. Il Master mantiene il SCO link dal riservare time slot ad intervalli regolari.
- La banda allocata per questo link SCO e il ritardo di accesso al canale sono determinati dall'intervallo di SCO (ogni quanto riservo time slot)
- I collegamenti SCO garantiscono un bitrate costante e canali di comunicazione simmetrici, queste caratteristiche li rendono adeguati per supportare applicazioni che richiedano bit rate costante pari a 64 kbit/s e canali simmetrici (esempio, per applicazioni voce)
- Ogni slave è in grado di stabilire fino a tre collegamenti SCO con lo stesso master, o due con diversi master, mentre un master può aprire fino a tre collegamenti SCO con tre diversi slave.

Bluetooth

MAC layer



Link Manager: si occupa di stabilire il tipo di connessione fra i dispositivi sulla base delle caratteristiche richieste dalla comunicazione, inoltre provvede all'autenticazione e lo scheduling

L2CAP *Logical Link Control Adaptation Protocol* definisce i servizi connectionless e connection oriented, verso i livelli più alti dello stack (gli associa un identificativo CID, Channel Identifier)

Baseband: definisce le operazioni di più basso livello come la FEC, la CRC, i protocollo ARQ

Bluetooth

Modi di funzionamento

In generale comunque i dispositivi Bluetooth hanno due diversi stati di funzionamento:
Standby in cui non vengono effettuate comunicazioni e viene mantenuto attivo solo il clock e
Connection all'interno del quale il dispositivo è connesso almeno al master di una piconet.

E' possibile individuare altri quattro sottostati relativi alla modalità *Connection che vengono indicati come:*
• *Active mode*
(Il dispositivo è attivo all'interno della piconet);
• *Sniff mode*
(Stato a basso consumo in cui il dispositivo resta in ascolto solo durante gli slot di snif);
• *Hold mode*
(Il traffico ACL viene interrotto per un certo intervallo di tempo):
• *Park mode*
(Il dispositivo non è più parte della *piconet, ma rimane sincronizzato con il master della rete, è lo stato caratterizzato dalla minima dissipazione di potenza).*

Inoltre i dispositivi *Bluetooth tendono ad implementare delle soluzioni di power management proprietarie, che dipendono dai circuiti utilizzati per realizzare il transceiver.*

Bluetooth

Bluetooth for WSN?

+ permette la creazione di strutture di rete molto flessibili come le *scatternet*
-consumi troppo elevati per gran parte delle applicazioni WSN

Applicazioni sperimentali infatti hanno mostrato come una semplice implementazione di rete piconet basata su L2CAP richieda
consumi nell'ordine dei 100mW durante la modalità di standby e di
250mW in funzionamento (TX/RX)
in altri termini un modulo posto in condizioni di trasmissione continua alimentato con una coppia di batterie da 1,2 V 1800mAh, può funzionare correttamente per 25 ore

Target della durata di un sensore Smart: anni….

- L'intermediazione di un master è sempre necessaria per comunicare tra slave
- Troppo pochi i nodi nella piconet

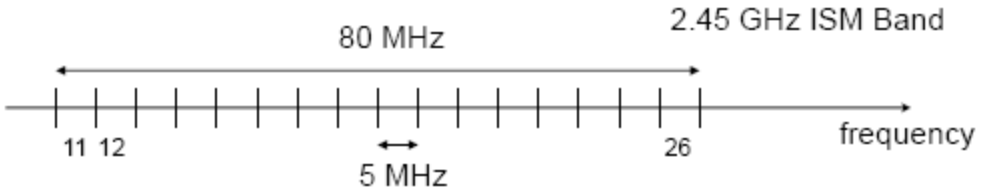
IEEE802.15.4:PHY

IEEE802.15.4 definisce l*o strato fisico e il MAC sono definiti dallo standard per una rete a corto raggio (<50m) e basse data rate (<250kbps)*

ZigBee utilizza il MAC e PHY definitio dall'IEEE802.15.4, ma definisce l'intero *stack protocollare*

PHY	Frequency Band	Channels	parameters		parameters		
			Chip rate	Modulation	Bit rate	Symbol rate	From bits to symbols
800/915 MHz	868-870 MHz	0	300 kchip/s	BPSK	20 kb/s	20 kbaud	Binary
	902- 928 MHz	From 1 to 10	600 kchip/s	BPSK	40 kb/s	40 kbaud	Binary
2.4 GHz	2.4-2.4835 GHz	From 11 to 26	2.0 Mchip/s	O-QPSK	**250 kb/s**	62.5 kbaud	16-ary Orthogonal

16 canali



IEEE802.15.4: PHY

- Utilizza la banda ISM nell'intorno dei 2.4-2.48GHz, *all'interno della quale possiamo individuare 16 canali con data rate pari a 250kb/s.*

- lo standard 802.15.4 prevede che possano essere utilizzate anche le bande comprese fra 868-868.6 MHz consentendo l'allocazione di un canale di comunicazione in grado di garantire 20 kb/s e 902-928 MHz dove si possono avere 10 canali con *data rate pari 40 kb/s*

- La modulazione primaria utilizzata si basa sul Binary Phase Shift Keying (BPSK), nelle bande 868/915MHz e **Offset Phase Shift Keying** nella banda a 2.4 GHz

- Usa il DSSS, utilizzando 16 codici di spreading di lunghezza pari a 32 bit ciascuno dei quali è in grado di codificare 4 bit di informazione (nella banda ISM) e codici di spreading a 15 bit nelle altre bande.

IEEE802.15.4: PHY

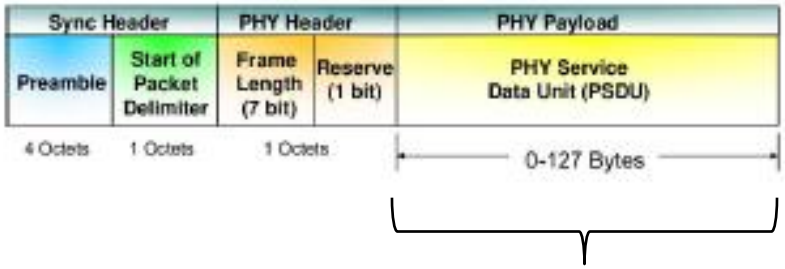
Table 20—Symbol-to-chip mapping

Data symbol (decimal)	Data symbol (binary) (b_0, b_1, b_2, b_3)	Chip values (c_0 c_1 ... c_{30} c_{31})
0	0 0 0 0	1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0
1	1 0 0 0	1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0
2	0 1 0 0	0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0
3	1 1 0 0	0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1
4	0 0 1 0	0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1
5	1 0 1 0	0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 0
6	0 1 1 0	1 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 1
7	1 1 1 0	1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 1
8	0 0 0 1	1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1
9	1 0 0 1	1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1
10	0 1 0 1	0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1
11	1 1 0 1	0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0
12	0 0 1 1	0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 0
13	1 0 1 1	0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1
14	0 1 1 1	1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0
15	1 1 1 1	1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0

IEEE802.15.4

E’ ottimizzato per lavorare con very low duty cycle (<0.1%)

Cosa significa?
Per esempio, utilizza dei pacchetti molto più piccoli dei pacchetti utilizzati dal Bluetooth. Il Payload (la parte del pacchetto di livello fisico, che contiene i dati utili da spedire e non l’overhead aggiunto dal protocollo) si chiama PSDU (Phy Service Data Unit) ed è lunga **127Bytes** al massimo.



Pacchetti piccolo fanno si che sia più infrequente trasmettere pacchetti “semivuoti” come può succedere quando si devono trasmettere messaggi corti, ma che comunque occupano poco più di un pacchetto grande

Il messaggio da trasmettere infatti viene suddiviso in pacchetti pari alle dimensioni del campo PSDU. Al PSDU viene aggiunto un preambolo formato da 32 bit, con finalità di sincronizzazione tra i nodi e poi un otteto (11100101) prefissato che funge da indicatore di inizio pacchetto (Start of Packet Delimiter) e un Frame Check Sequence di 7+1 bit.

IEEE802.15.4: MAC

MAC layer

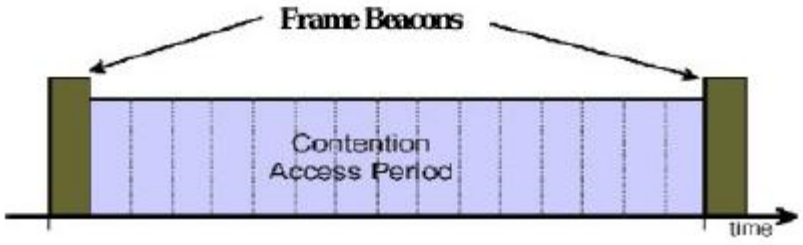
- Supporta la formazione della PAN attraverso
  - Meccanismi di l'associazione/dissociazione di un nodo dalla rete
  - La trasmissione dei beacon che sono per sincronizzare i nodi della rete PAN
- Fornisce accesso al canale **CSMA-CA**
- Calcola e verifica l'integrità della PDU
- Gestisce le frame di **acknowledgement**, **ARQ** (ritrasmissione di pacchetti)
- Prevede due modalità d'indirizzamento:
  - 64 bit (puo' supportare reti fino a oltre 128 bilioni di dispositivi)
  - 16 bit (può supportare reti fino ad un massimo di **65536 nodi)**

IEEE802.15.4: MAC

MAC layer

Il livello MAC prevede una struttura chiamata supertrama (durata da 15ms a 250s)
Questa trama è costruita dal coordinatore della rete ed è contenuta tra due messaggi chiamati beacon.
I **beacon** contengono informazioni che possono essere utilizzate per la sincronizzazione dei dispositivi, per l'identificazione della rete, per descrivere la struttura della supertrama stessa e la periodicità di spedizione dei beacon.
La superframe è divisa in 16 slot temporali di uguale grandezza, il beacon frame è trasmesso nel primo e nell'ultimo slot di ogni superframe.
Si possono avere due tipi di supertrama, senza GTS (Guaranteed Time Slot) e con GTS.

In una supertrama senza GTS, l'accesso al canale è regolarizzato dal protocollo CSMA/CA dove ogni dispositivo deve competere con gli altri per assicurarsi l'accesso ad uno slot. Questo periodo è chiamato CAP (Contention Access Period)

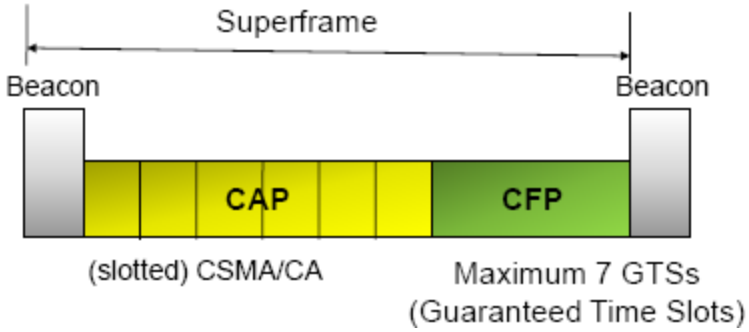


Supertrama senza GTS

IEEE802.15.4: MAC

MAC layer

Nel caso di supertrame con GTS, la trama dedica fino ad un massimo di sette slot temporali, detti CFP (Contention-Free Period), a determinati nodi.
In questo periodo possono comunicare solamente i nodi prestabiliti e l'accesso al canale non è più CSMA/CA.
Queste supertrame si usano per applicazioni dove si necessita di costruire reti tali da garantire a tutti i nodi di poter trasmettere entro un certo intervallo di tempo.



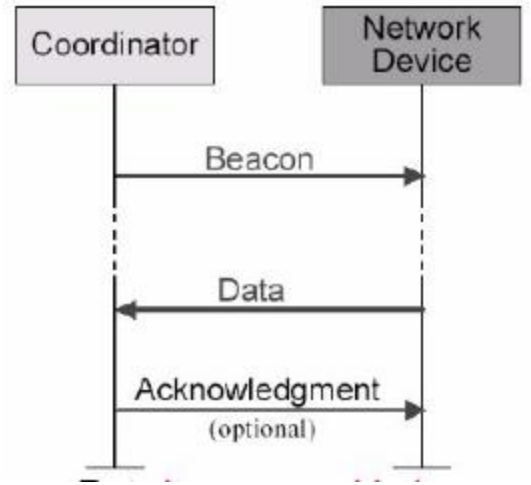
Supertrama con GTS

IEEE802.15.4: MAC

MAC layer

E' possibile utilizzare due meccanismi differenti per la trasmissione dei dati:
- ❑Trasmissione senza l'utilizzo di beacon
- ❑Trasmissioni basate sui beacon.

Con una rete beacon-enabled, quando un nodo deve trasferire i dati ad un coordinatore,
ascolta il beacon e si sincronizza alla superframe.



Il nodo trasmette il relativo pacchetto al coordinatore il quale, opzionalmente, dopo aver ricevuto i dati,
trasmette un pacchetto di conferma dell'avvenuta ricezione al dispositivo (ACK).

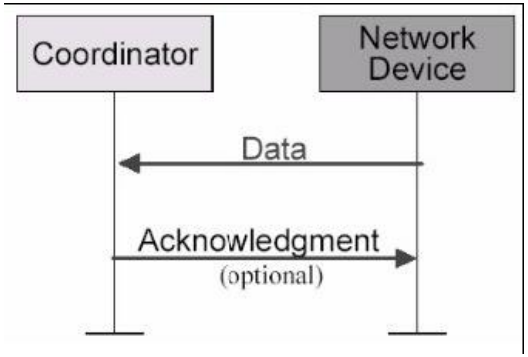
Trasmissione beacon-enabled tra coordinatore e nodo

IEEE802.15.4: MAC

MAC layer

La modalità Beacon-enabled network consente ai nodi in una zona della rete di sapere quando devono comunicare tra loro
Permette quindi di controllare i consumi in reti estese come mesh dal momento che i nodi possono "dormire" tra le pause e venir risvegliati dai beacon
Tuttavia, la gestione della sincronizzazione tramite clock (che è richiesta da questa modalità) può però essere onerosa

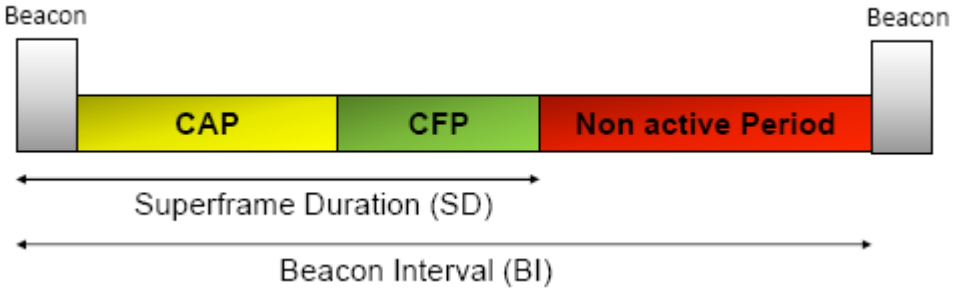
❑Non-beacon network:
Quando un dispositivo desidera trasferire dei dati al coordinatore, trasmette semplicemente utilizzando il protocollo di accesso al canale CSMA/CA.
Anche in questo caso il coordinatore dopo la ricezione dei dati trasmette un ACK opzionale



IEEE802.15.4: MAC

MAC layer

La modalità Beacon-enabled network



$$SD = 960 \cdot T_S \cdot 2^{SO} (SO = Superframe\ Order)$$

$$BI = 960 \cdot T_S \cdot 2^{BO} (BO = Beacon\ Order)$$

dove

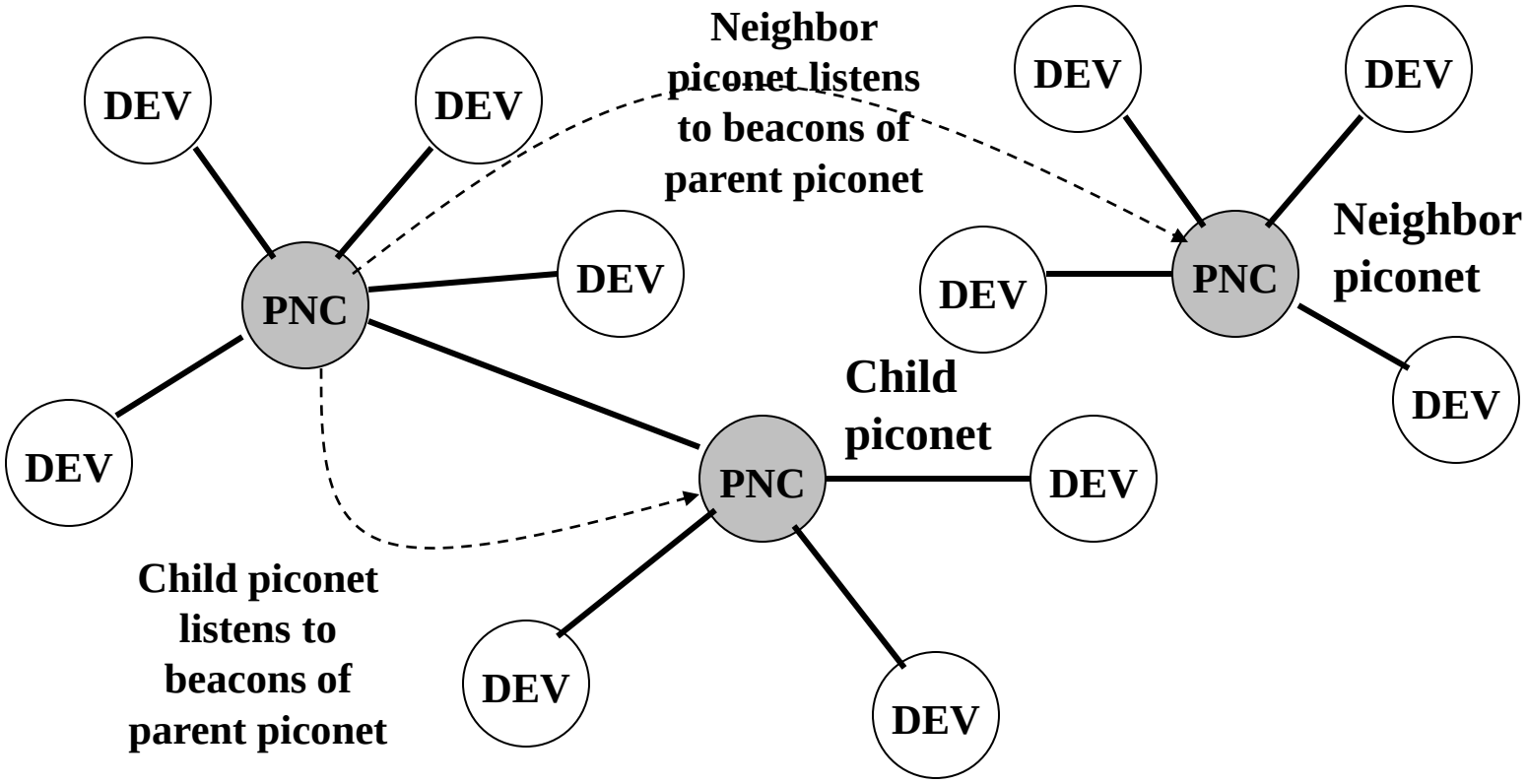
$T_s = 16\mu s$ Periodo di simbolo

$0 < SO < BO < 14$

$SO = 0 \rightarrow SD = 15ms$

$SO = 1 \rightarrow SD = 30ms$

IEEE802.15.4: topologie di rete



IEEE802.15.4: topologie di rete

Child piconet

–Per estendere l'area di copertura di una piconet (raggiungere nodi fuori area coperatura del PNC)

– per spostare parte dei requisiti di memoria/calcolo su un altro nodo

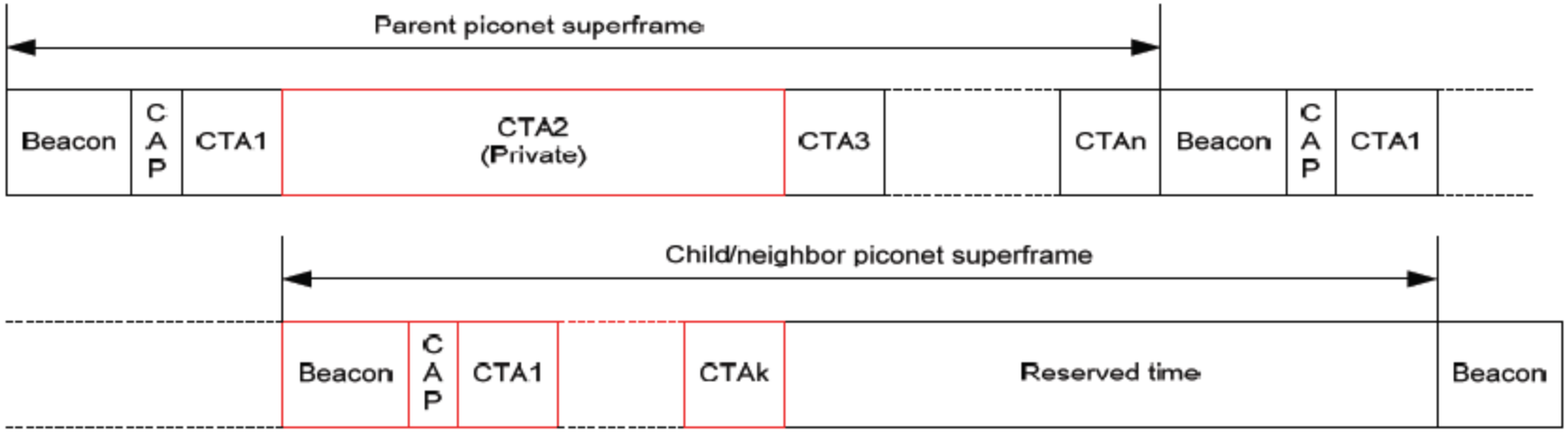
– Il Child PNC APPARTIENE al parent piconet

Neighbor piconet

– condivide lo stesso spettro di frequenze con la piconet padre poichè non ci sono altri canali liberi per trasmettere senza interferire

–Il Neighbor PNC NON APPARTIENE alla piconet padre, tuttavia ascolta il beacon del PNC padre per coordinare le trasmissioni evitando interferenze.

Sia la piconet child che neighbor piconet agiscono come fossero autonome piconet, l'unica differenza è che lo sloto temporale in cui possono trasmettere è assegnato dal PNC padre



IEEE802.15.4

Come gestisce vari tipi di traffico?

Dati periodici (provenienti da sensori che periodidamente mandato i dati misurati)
Si può gestire usando la modalità con beacon dove il sensore verrà svegliato dal beacon, controlla se ci sono messaggi da spedire e poi torna a dormire

Dati intermittenti (non so se e quando avrà dati da trasmettere): si possono gestire in modalità senza beacon (quando devo trasmettere qualcosa lo faccio). Meglio ancora in modalità "sconnessa", ossia il dispositivo è proprio staccato dalla rete e si connette solo se ha da trasmettere qualcosa

Dati ripetitivi con bassa latenza
In questo caso, uso la modalità GTS

IEEE802.15.4

Formazione delle reti

Le procedure di formazione e mantenimento della rete sono fornite da procedure che effettuano:

Network discover

Ogni sensore scopre i vicini con scanning passivo (beacon mode) o scanning attivo tramite messaggi in broadcast (beaconless)

Network Joining

Il sensore seleziona un vicino con cui iniziare la procedura di associazione (Ass Req – Ass. Resp)

IEEE802.15.4

Tipi di nodi

Full Function Device (FFD)

- Può funzionare in ogni topologia di rete
- Può svolgere il ruolo di network coordinator
- Può parlare con ogni altro dispositivo

Reduced Function Device (RFD)

- Solo con topologia a stella
- Non può svolgere il ruolo di coordinatore
- Parla solo con il coordinatore

IEEE802.15.4

Classificazione dei nodi di ZigBee

ZigBee coordinator (ZC)

❑Il dispositivo più avanzato, è alla base dell'albero di rete e può fungere da bridge verso altre reti.

❑C'è esattamente un coordinator ZigBee in ogni rete, dal momento che è colui da cui parte la rete.

❑E' in grado di memorizzare informazioni circa la rete e può fungere da Trust Centre & repository per le chiavi

ZigBee Router (ZR)

Non solo può fungere da nodo applicativo, ma è in grado anche di fungere da router, inoltrando i pacchetti provenienti da altri nodi

ZigBee End Device (ZED)

❑Contiene solamente le funzionalità di base per comunicare con il proprio nodo padre (un coordinator o un router)

❑Non è invece in grado di inoltrare dati di altri dispositivi.

Questo rapporto permette al nodo di rimanere a riposo una gran parte del tempo, consentendo di ottimizzare la durata della batteria. Poiché un ZED richiede meno memoria ed implementa meno funzionalità, può essere meno costoso da produrre
e sviluppare di un ZR o ZC.

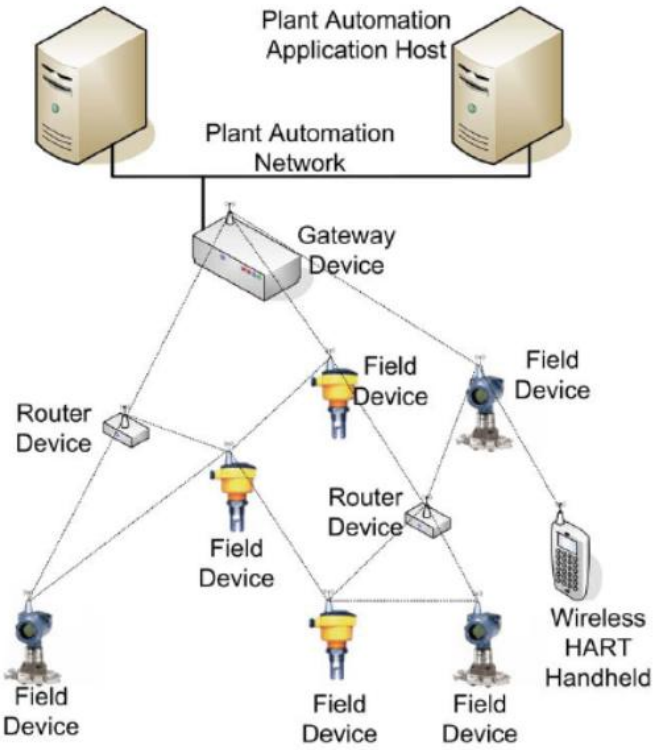
WirelessHART

Rilasciato nel Settembre 2007 come parte delle specifiche di HART 7

• uno standard di comunicazione progettato per misurare processi industriali e applicazioni di controllo

• stringenti requisiti sulla latenza e sulla sincronizzazione
• sicurezza è importante

WirelessHART



Field device: sono i sensori per misurare i processi

• Handheld: computer portatile usato per configurare I field devices, fare operazioni di diagnostica e calibrazione

• Gateway: che connette il computer centrale con i field devices per il controllo

WirelessHART

Livello fisico:

O simile all'IEEE 802.15.4

O2.4-2.4835 GHz, 26 channels, 250 Kbps per channel

Data link layer:

O Sincronizzazione di rete (funzionalità fondamentale)

O TDMA con time slot di 10ms

O trame periodiche

O Channel blacklisting: l'amministratore di rete può rimuovere I canale con più alta interferenza

O Cambiamento pseudo-casuale del canale per aumentare la robustezza al fading

O sicurezza: standard industriale AES-128 (chiavi e cifratura)

APPENDICE: MAC 802.11

MAC IEEE 802.11 prevede 2 modalità operative (tipi di protocollo d'accesso)

- **DCF (Distributed Coordination Function)**
  - Possibile sia con la modalità ad hoc che con la modalità infrastructure
  - Il controllo dell'accesso al canale è distribuito sulle stazioni
  - Tutte le implementazioni WLAN devono supportare questa modalità

- **PCF (Point Coordination Function)**
  - Possibile solo con la modalità infrastructure
  - Il controllo dell'accesso al canale è centralizzato sull'AP
  - Nelle implementazioni la modalità PCF è opzionale

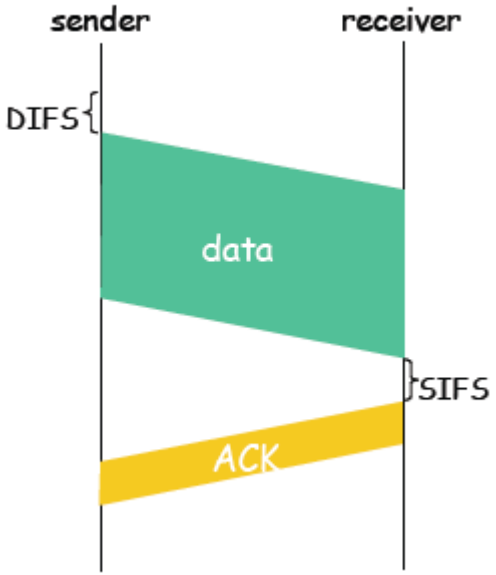
APPENDICE: MAC 802.11

CSMA/CA

<u>trasmettitore</u>

1) se il canale è inattivo per un tempo pari a DIFS (Distributed Inter Frame Space) allora
- Trasmette un'intera trama

2) se il canale è occupato
- Sceglie un *backoff time casuale*
- Il timer viene decrementato mentre il canale è inattivo
- Allo scadere del timer, trasmette una trama
- Se non riceve ACK, incrementa l'intervallo di backoff casuale, torna al passo 2



<u>ricevitore</u>

Se la frame è ricevuta in maniera corretta
- restituisce un ACK dopo un tempo SIFS (Short Inter Frame Space)

APPENDICE: MAC 802.11

DCF prevede l'utilizzo del protocollo d'accesso CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance) e può funzionare in 2 modalità operative:

Physical carrier sense

- Una stazione trasmette solo se il canale è libero, altrimenti rimanda l'operazione
- Modalità utilizzata per l'invio di frame broadcast, multicast e unicast (se sotto una certa dimensione)

Virtual carrier sense

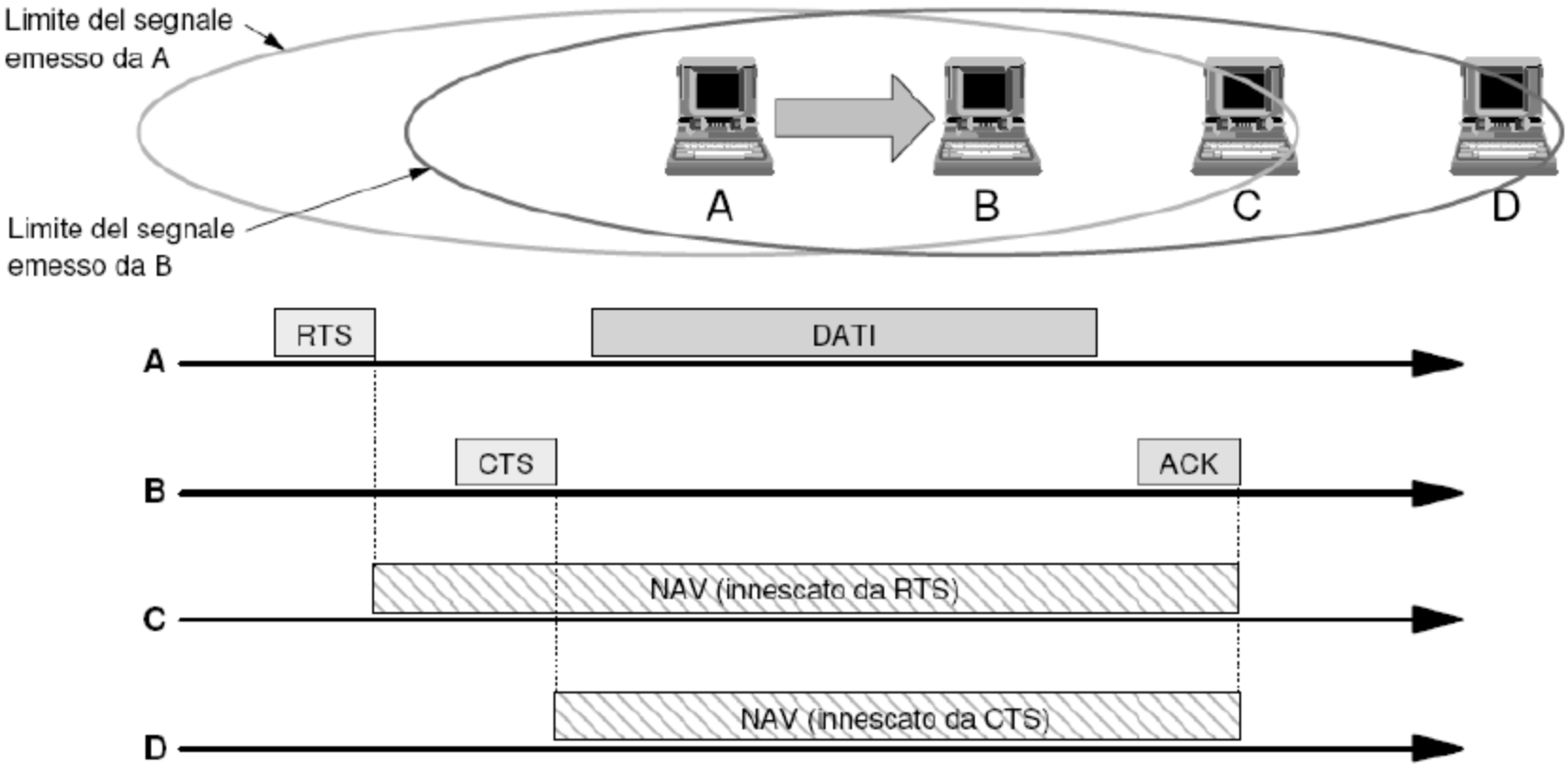
- Ha l'obiettivo di risolvere il problema degli hidden terminal
- Modalità utilizzata per l'invio di frame unicast (di dimensione superiore ad un valore impostabile)

APPENDICE: MAC 802.11

Virtual carrier sense

- Una stazione, prima di trasmettere una frame, ascolta se vi sono trasmissioni sul canale
- Se occupato aspetta
- Se libero lo "prenota" per il tempo necessario alla trasmissione della frame
- Il mittente invia una (breve) frame RTS (Request To Send) di servizio verso il destinatario contenente la durata prevista della futura trasmissione
- Il destinatario autorizza la trasmissione restituendo una (breve) frame CTS (Clear To Send) di servizio verso il mittente
- Tutte le altre stazioni che sentono RTS e/o CTS aspettano per la durata indicata (impostazione dell'indicatore di NAV della trama)
- Il mittente invia la frame dati e aspetta per un time-out la PDU-ACK del MAC

APPENDICE: MAC 802.11



APPENDICE: MAC 802.11

PCF

- Metodo di contesa alternativo, costruito sopra la struttura DCF
- Fondamentalmente si tratta un polling gestito da una stazione specializzata, denominata Point Coordinator (PC)
- In sostanza viene creata una struttura temporale, detta Superframe, divisa in due parti:
  - Contention Free Period (polling)
  - Contention Period (DCF)

Nota: nel caso di WSN, lo scambio RTS/CTS porta ad un overhead che va dal 40% al 75% della capacità del canale, e questo perchè i pacchetti dati nel caso di WSN sono tipicamente piccoli e il peso dell'overhead è maggiore

Confronto

	ZigBee 802.15.4	Bluetooth 802.15.1	Wi-Fi 802.11b
Application Focus	Monitoring & Control	Cable Replacement	Web Video, email
System Resourse	4KB-32KB	250KB+	1MB+
Battery Life (days)	100-100+	1-7	.1-5
Nodes Per Network	255/65K	7	30
Bandwidth(kbps)	20-250	720	11,000+
Range(meters)	1-75+	1-10+	1-100
Key Attributes	Reliable, Low Power, Cost Effective	Cost, Convenience	Speed, Flexibility