

Corso di Sistemi di Misura Distribuiti

SESTA LEZIONE:

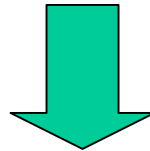
**LE TECNOLOGIE WIRELESS
PER I SISTEMI DI MISURA
DISTRIBUITI: ZigBee**

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

- *Perché consente bassissimi consumi in virtù di un duty-cycle anche $<1\%$ (i dispositivi possono disattivarsi temporaneamente)*
- *Perché ha un basso costo*
- *Perché consente di ottenere un'alta densità di nodi per rete*

SCOPO: Protocollo pensato per reti W-PAN a bassa bit rate costituite da dispositivi alimentati tramite batterie che non possono essere sostituite frequentemente, come le reti di sensori;



.... potrebbe essere una buona soluzione per applicazioni di misura

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

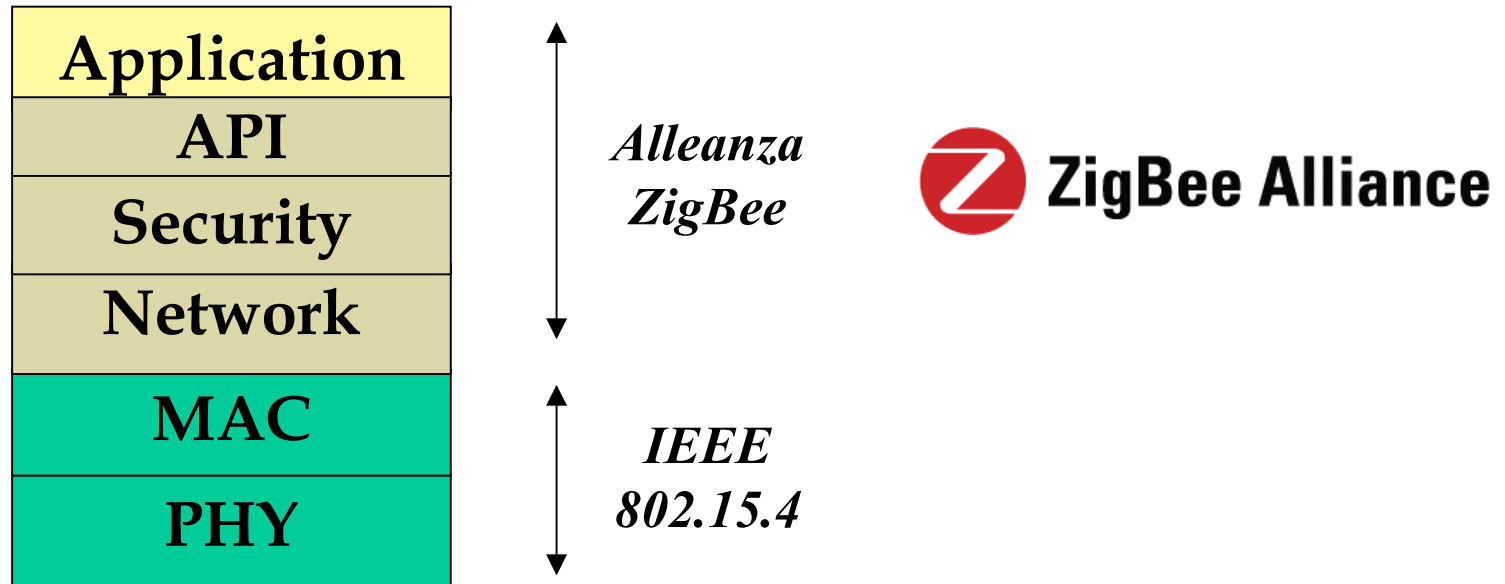
La tecnologia ZigBee

Standard	IrDA	Wi-Fi™ 802.11b	Bluetooth™ 802.15.1	UWB™ 802.15.3	ZigBee™ 802.15.4
Applicazioni	Comunicaz. Seriale a basso Data Rate	Networking Video	Audio e dati	Video, dati, tracking	Sensori, Monitoraggio & Controllo
Dimensioni Stack	-	1MB+	250KB+	-	32KB
Nodi	1	32	7	-	255
Data Rate (kb/s)	4.000	5.500+	723.2 (Dir) 57.6 (Rev)	100.000+	20 - 250
Raggio di copertura (Metri)	1 - 2	1 - 100	100+ (Cl. 1) 10 (Cl. 2) 1 (Cl. 3)	-	1 - 100+
Consumo	Medio	Medio/Alto	Medio	Basso	Basso

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

- *La tecnologia ZigBee si basa sullo standard IEEE 802.15.4 che ne definisce le direttive a livello fisico e del controllo degli accessi al canale*
- *ZigBee identifica l'alleanza industriale che mira a promuoverne lo sviluppo e la diffusione*



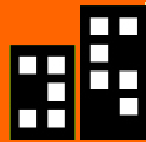
LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

LE POSSIBILI APPLICAZIONI

Allarmi

Sistemi di riscaldamento
Controllo illuminazione
Controllo dell'accesso



**BUILDING
AUTOMATION**



**CONSUMER
ELECTRONICS**

TV
VCR
DVD/CD
Controlli da remoto

Monitoraggio
pazienti
Monitoraggio
attività fisica



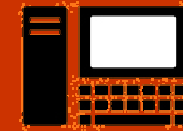
**PERSONAL
HEALTH CARE**

ZigBee
*Wireless Control that
Simply Works*

Controllo di processo
Monitoraggio ambientale
Gestione dell'energia



**INDUSTRIAL
CONTROL**



**PC &
PERIPHERALS**

mouse
keyboard
joystick



**RESIDENTIAL/
LIGHT
COMMERCIAL
CONTROL**

Allarmi
Sistemi di
condizionamento
Controllo illuminazione
Controllo accesso
Irrigazione

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

CARATTERISTICHE GENERALI

Dual PHY (2.4GHz e 868/915 MHz)

Data rates di 250 kbps (@2.4 GHz) O-QPSK, 40 kbps (@ 915 MHz), BPSK, e 20 kbps (@868 MHz), BPSK

Ottimizzata per applicazioni con basso duty-cycle (<0.1%)

Modalità di accesso al canale: CSMA-CA

Consente anche di avere un throughput alto e bassa latenza per dispositivi con basso duty-cycle come sensori e dispositivi di controllo

Low power demand (lunga vita delle batterie)

Diverse topologie di rete: star, peer-to-peer, mesh

Spazio di indirizzamento fino a:

18,450,000,000,000,000,000 dispositivi (64 bit IEEE address)

65,535 networks

Opzionalmente è possibile garantire dei Time slot per applicazioni che richiedano bassa latenza

Fully hand-shaked protocol per l'affidabilità del trasferimento dati

Range: tipicamente 50m (5-500m dipendentemente dall'ambiente)

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

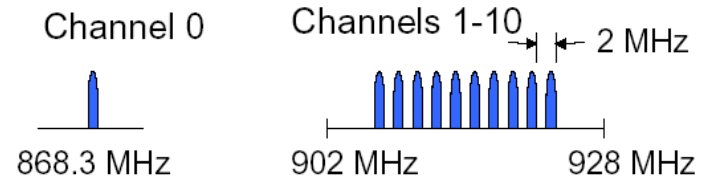
La tecnologia ZigBee

LIVELLO FISICO (PHY)

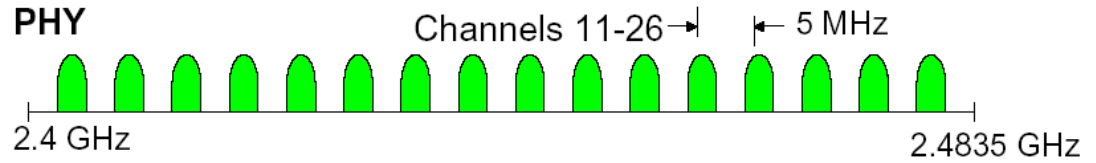
Lo standard prevede tre bande di frequenza per la comunicazione, ognuna delle quali offre un diverso numero di canali e una differente velocità per i dati

	<u>MODULAZIONE</u>	<u>UTILIZZO</u>	<u>DATA RATE</u>	<u>CANALI</u>
2.4 GHz	O-QPSK	Ovunque	250 kbps	16
915 MHz	BPSK	Americhe	40 kbps	10
868 MHz	BPSK	Europa	20 kbps	1

868MHz/
915MHz
PHY



2.4 GHz
PHY



LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

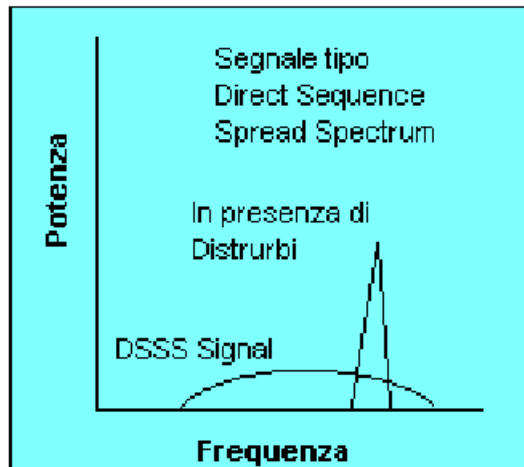
La tecnologia ZigBee

LIVELLO FISICO (PHY)

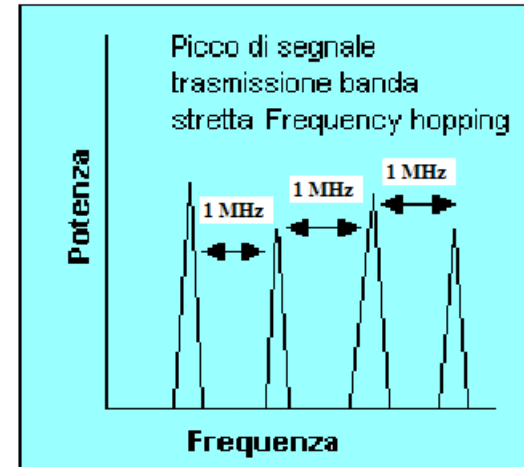
Adotta un sistema di modulazione del tipo Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS), tecnologia di trasmissione a "frequenza diretta" a banda larga, ogni bit viene trasmesso come una sequenza ridondante di bit, detta chip

Il segnale risultante viene propagato su una banda maggiore di quella necessaria ma con livelli di potenza molto bassi

DSSS



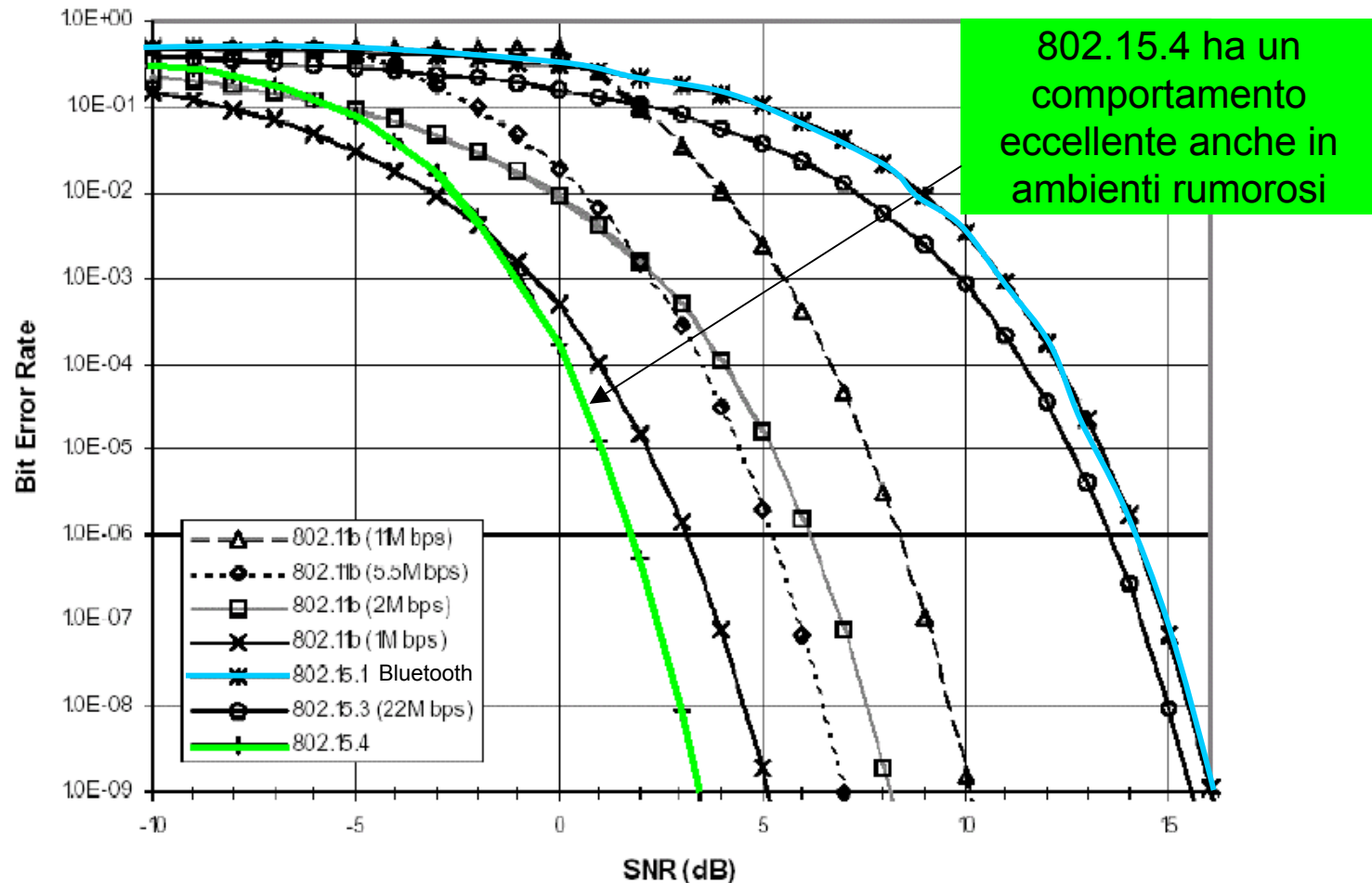
FHSS



LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

802.11b, 802.15.x BER Comparison



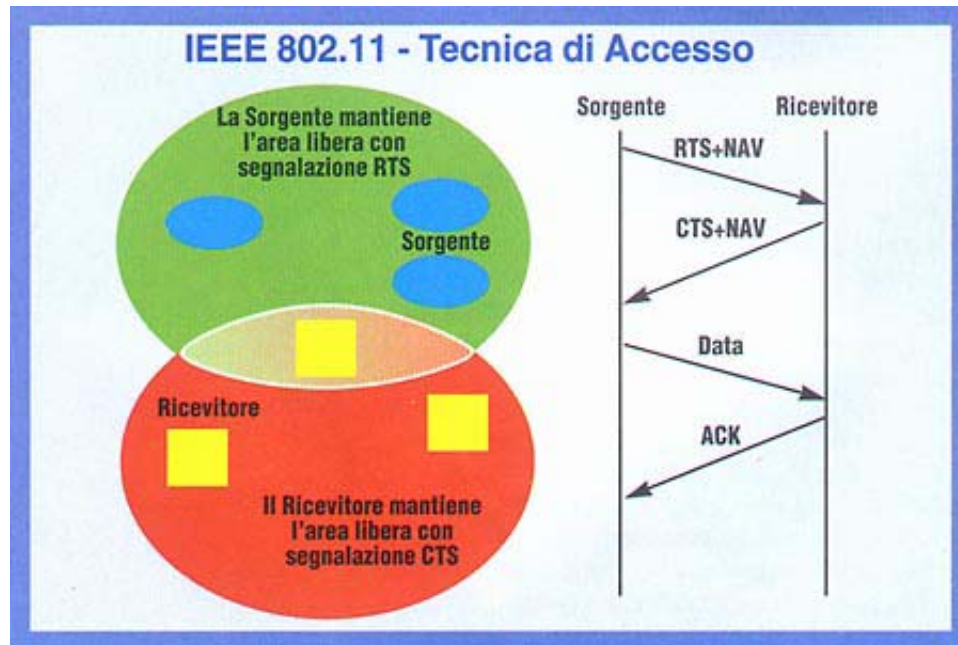
LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

LIVELLO FISICO (PHY)

CSMA-CA per l'accesso al canale

(Carrier Sense Multiple Access Collision Avoidance): prima di effettuare una trasmissione il sistema "ascolta" se qualcun altro non lo stia già facendo



Poiché non è possibile rilevare le collisioni nelle trasmissioni RF o IR il CSMA/CA segue il modello "ascolta prima di parlare"

Ciò significa che una stazione che vuole trasmettere deve prima rilevare il canale per determinare se un'altra stazione è in trasmissione

Si utilizza la procedura delle trame Request-To-Send (RTS), Clear-To-Send (CTS), Data e Acknowledge (ACK)

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

LIVELLO FISICO (PHY)

CSMA-CA per l'accesso al canale

Si ottengono i seguenti benefici:

- Nessuna attesa per un eventuale polling (l'attesa c'è per la liberazione del canale ma ciò non rappresenta un problema, soprattutto in reti a basso duty-cycle come nel caso di sensori e dispositivi di controllo)
- I nodi finali “parlano” solo quando hanno dati da trasmettere (il protocollo IEEE 802.15.4 è stato messo a punto per garantire da 6 mesi a 2 anni di vita per le batterie di tipo alcalino)

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

I DISPOSITIVI IN UNA RETE ZIGBEE

Al fine di mantenere anche i costi di produzione bassi, lo standard IEEE definisce solo due tipi di dispositivi: *full function devices* e *reduced function devices*

- Full function device (FFD)
 - Può funzionare in ogni topologia
 - Capacità coordinatore di rete
 - Capacità di parlare con ogni altro dispositivo
- Reduced function device (RFD)
 - Limitato a funzionare in topologie di tipo star
 - Non può diventare un coordinatore di rete
 - Può parlare solo con un coordinatore
 - Di implementazione molto semplice (sono tipicamente dei sensori)

Una rete IEEE 802.15.4/ZigBee richiede almeno un full function device che assuma il ruolo di coordinatore di rete, mentre gli altri dispositivi possono essere RFD in modo da ridurre il costo del sistema.

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

LE TOPOLOGIE DI RETE

**La rete è gestita da un dispositivo principale denominato
Coordinatore (PAN COORDINATOR)**

Una volta che l'identificatore PAN è stato scelto, il PAN Coordinator può permettere che altri dispositivi si uniscano alla relativa rete, sia FFD che RFD

In questo caso la rete può arrivare a raggiungere 256 dispositivi collegati contemporaneamente al PAN Coordinator

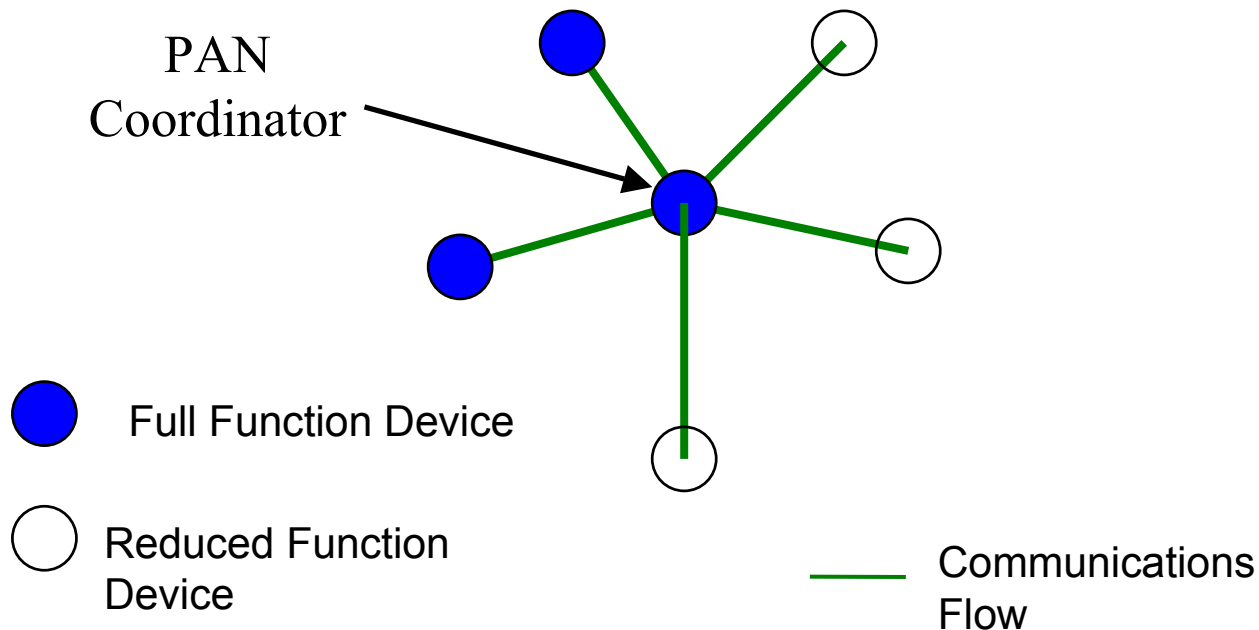
In totale si possono comunque avere fino a 65536 dispositivi all'interno di una rete

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

LE TOPOLOGIE DI RETE

Topologia Star

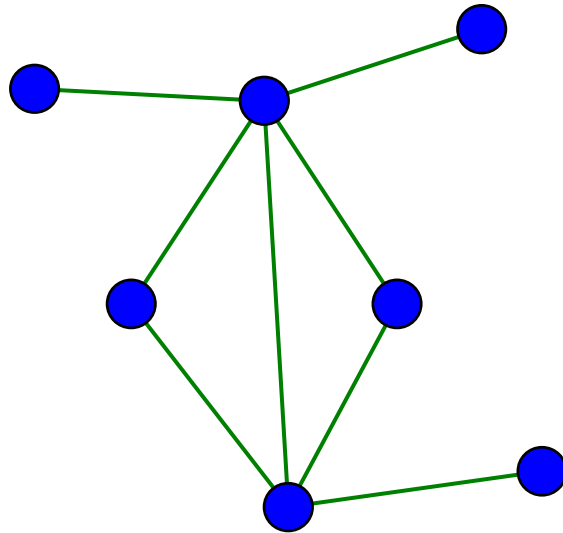


LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

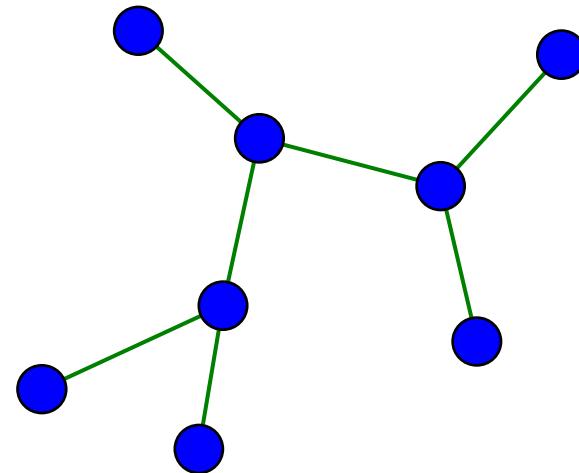
LE TOPOLOGIE DI RETE

Topologia Peer to Peer



● Full function device

Topologia Cluster Tree

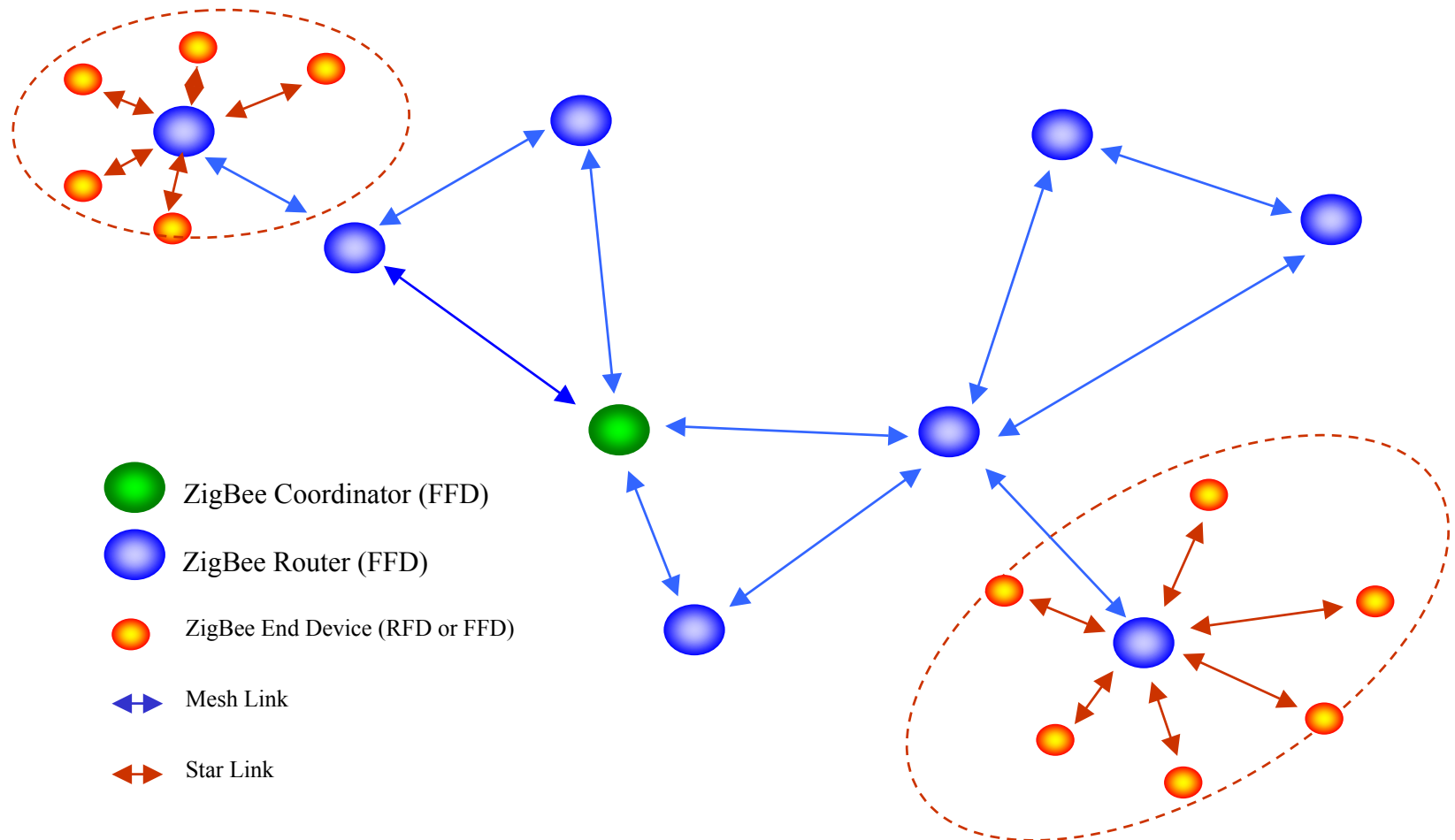


— Communications flow

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

LE TOPOLOGIE DI RETE



LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

IL LIVELLO MAC

Il livello MAC è responsabile delle seguenti funzioni:

Generazione dei Beacon se il dispositivo è un PAN coordinator

Sincronizzazione ai Beacon

Reggere l'associazione e la dissociazione di dispositivi alla PAN

Sicurezza

Implementazione del CSMA-CA per l'accesso al canale

Regolare e mantenere il meccanismo GTS

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

IL LIVELLO MAC

Le strutture delle frame sono state definite in modo da rendere minima la complessità, ma garantendo una trasmissione sufficientemente immune dal rumore presente sul canale.

L'IEEE 802.15.4 MAC definisce 4 tipi di frame:

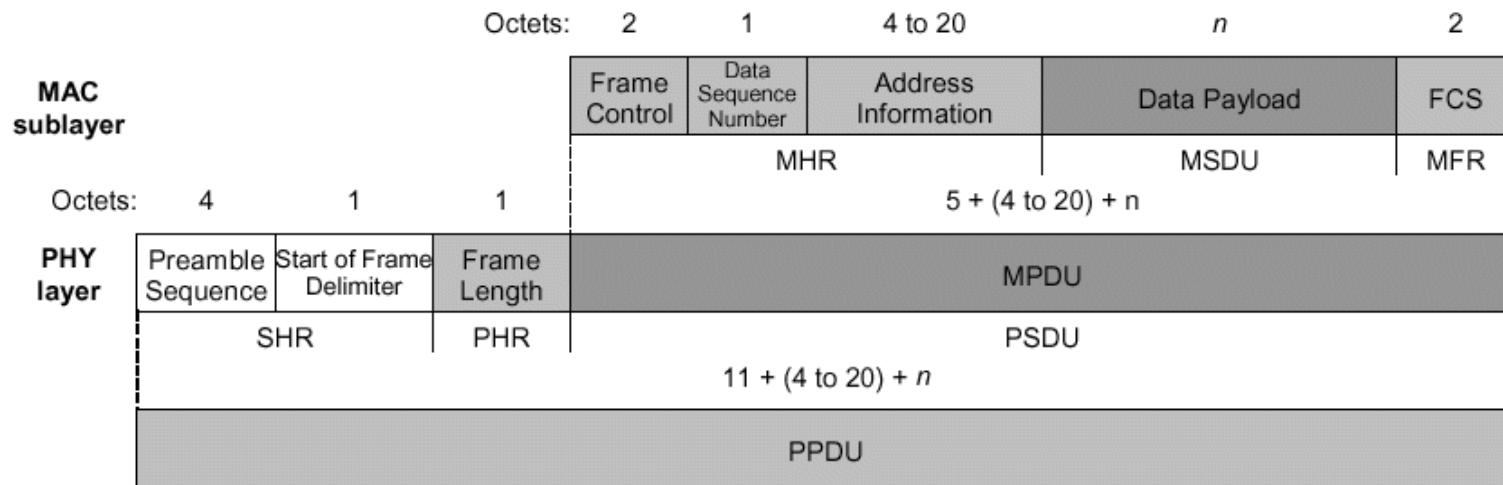
- Beacon frame, usata dal PAN coordinator per trasmettere dei beacons
- Data frame, usata per tutti i trasferimenti di dati
- Acknowledgment frame, usata per comunicare l'avvenuta ricezione con successo di una frame
- MAC command frame

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

IL LIVELLO MAC

Data Frame format



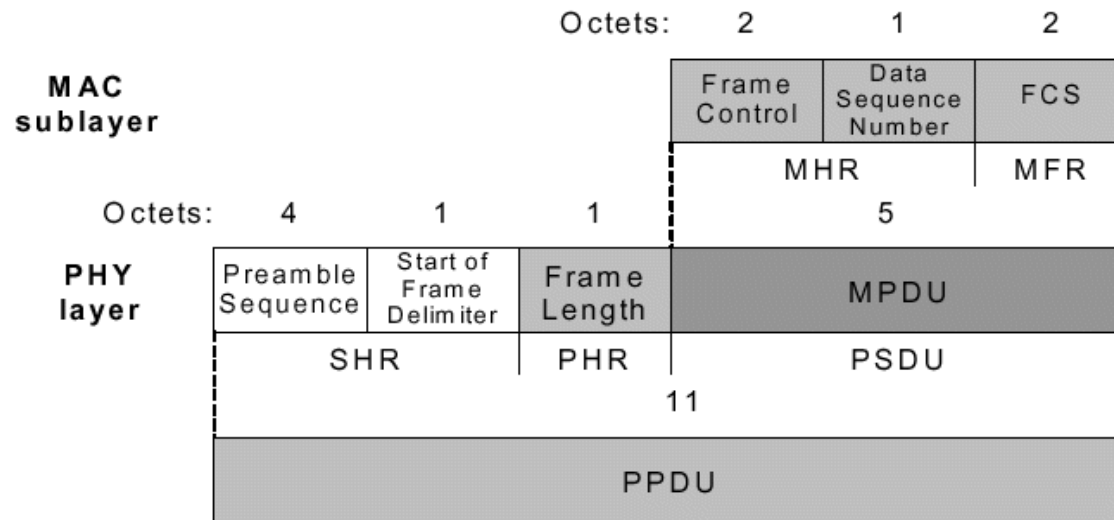
- Il payload può arrivare a 104 byte
- Il Data sequence numbering assicura una “traccia” dei pacchetti
- Indirizzo del destinatario
- Frame Check Sequence (FCS) per il controllo degli errori

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

IL LIVELLO MAC

Acknowledgement Frame Format



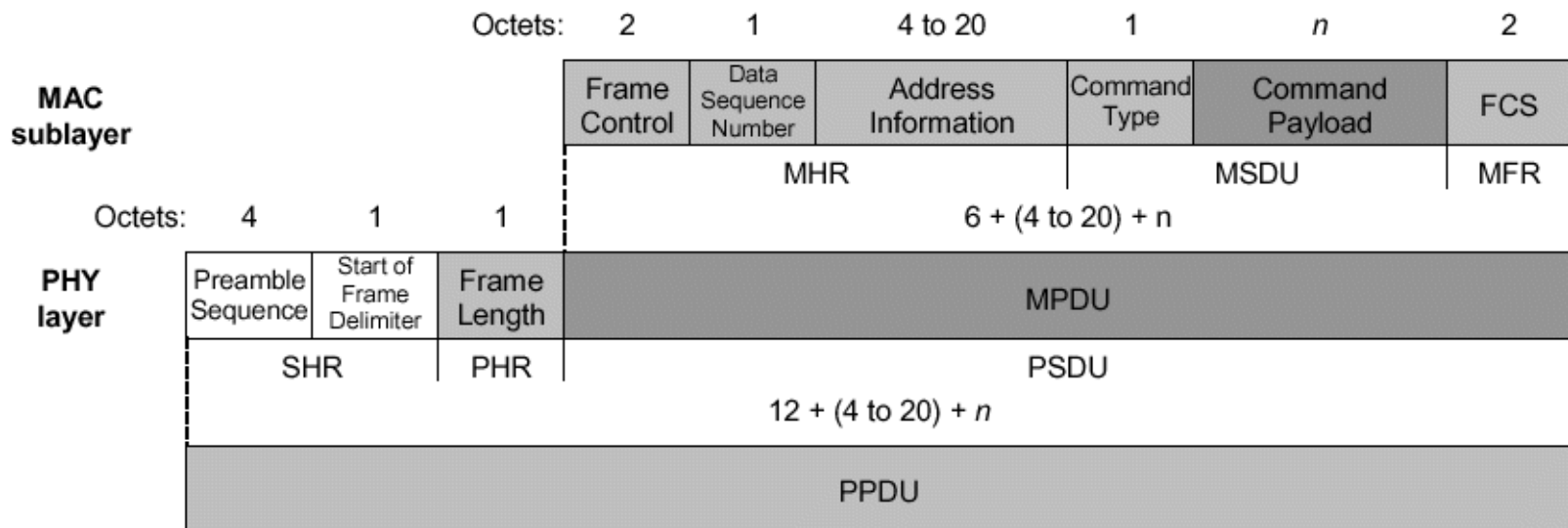
- Fornisce un feedback attivo dal ricevitore, per far capire che il pacchetto è stato trasmesso senza errori

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

IL LIVELLO MAC

MAC Command Frame format



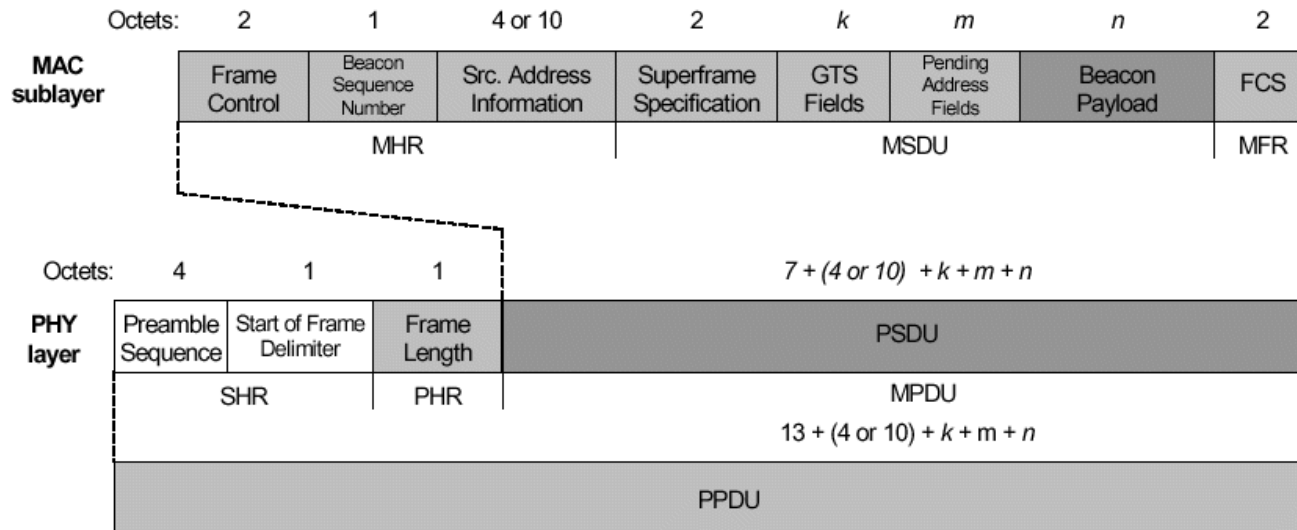
- Consente di implementare i meccanismi per il controllo/configurazione da remoto dei vari nodi

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

IL LIVELLO MAC

Beacon Frame format



I Beacon vengono utilizzati per delimitare le superframe

Le superframe vengono utilizzate ad esempio per la sincronizzazione dei dispositivi con il PAN coordinator durante la fase di creazione di una rete WPAN

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

IL LIVELLO MAC

Le Superframe

E' delimitata da due beacons frame, all'interno dei quali ci sono 16 slot temporali

E' inviata da un PAN coordinator

Quando viene inviata una Superframe l'accesso al canale è *CSMA-CA slotted* (l'accesso al canale è in qualche modo "regolarizzato")

Si possono avere due tipi di superframe:

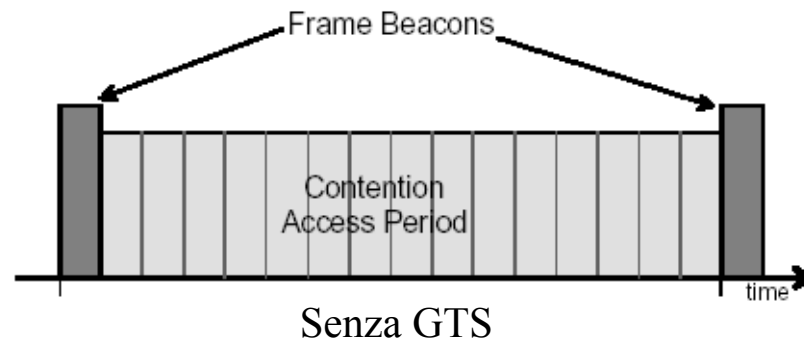
- 1) Senza GTS (Guaranteed Time Slots)
- 2) Con GTS (Guaranteed Time Slots)

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

IL LIVELLO MAC

Le Superframe



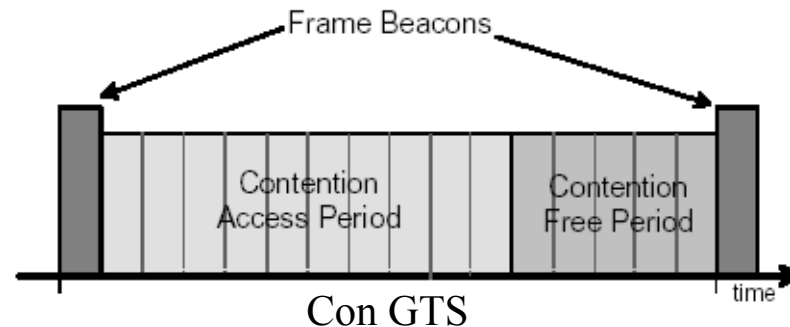
Ogni dispositivo che vuole comunicare durante il Contention Access Period (CAP) tra due beacons, dovrà competere con gli altri dispositivi attraverso un meccanismo *slotted CSMA-CA*

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

IL LIVELLO MAC

Le Superframe



Per applicazioni a bassa latenza o richiedenti una specifica larghezza di banda, il PAN coordinator può dedicare degli opportuni (fino a 7) time slots detti GTS ai dispositivi che ne hanno bisogno

Durante il CFP il meccanismo di accesso al canale non è CSMA-CA

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

IL LIVELLO MAC

Tipi di Trasferimento dati

Esistono 3 tipi di trasferimento dati:

- 1) Dispositivo  Coordinatore
- 2) Coordinatore  Dispositivo
- 3) Dispositivo  Dispositivo

1) e 2) in una rete di tipo *star*

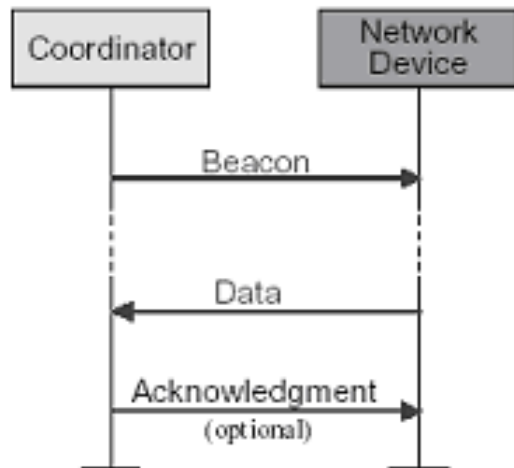
1), 2), 3) in una rete *Peer to Peer*

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

IL LIVELLO MAC

Trasferimento dati verso un coordinator con rete “beacon enabled”



Quando un dispositivo desidera trasferire i dati ad un Coordinator in una rete “con beacon”, in primo luogo ascolta il “Beacon” della rete e quando viene trovato, il dispositivo si sincronizza alla Superframe

A questo punto, il dispositivo trasmette il relativo pacchetto dati al Coordinator, usando lo slotted CSMA-CA

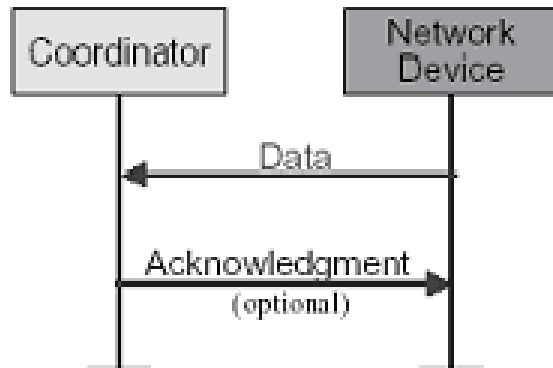
Il Coordinator, dopo la ricezione dei dati, trasmette un pacchetto di conferma dell'avvenuta ricezione (Acknowledgment) al dispositivo

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

IL LIVELLO MAC

Trasferimento dati verso un coordinator con rete “beacon disabled”



Quando un dispositivo desidera trasferire i dati al Coordinator in una rete “senza beacon”, trasmette semplicemente il pacchetto dati, usando la tecnica unslotted CSMA-CA

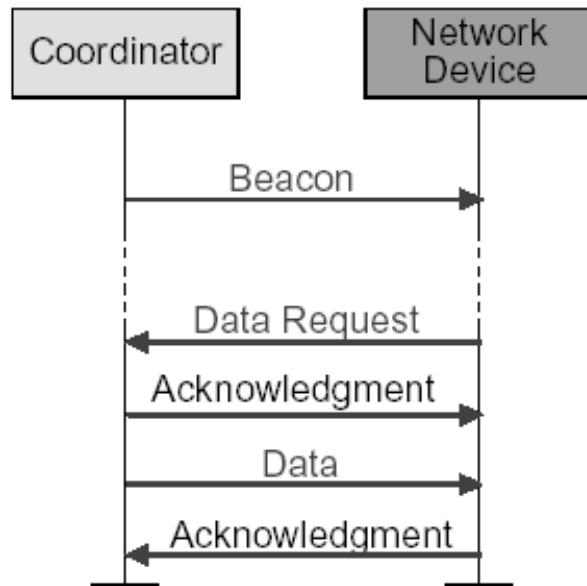
Anche in questo caso, il Coordinator, dopo la ricezione dei dati, trasmette (opzionalmente) un pacchetto di conferma dell'avvenuta ricezione (Acknowledgment) al dispositivo

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

IL LIVELLO MAC

Trasferimento dati da un coordinator con rete “beacon enabled”



Questo tipo di trasferimento è il meccanismo per trasferire i dati da un Coordinator ad un dispositivo.

Quando un Coordinator desidera trasferire i dati ad un dispositivo in una rete “con beacon”, indica nel “Beacon” della rete che un messaggio dati è pronto per essere trasmesso

Il dispositivo che periodicamente ascolta i “Beacon”, trasmette un MAC Command per richiedere i dati (Data Request) usando lo slotted CSMA-CA

Il Coordinator non appena riceve questa richiesta, comunica al dispositivo dell'avvenuta ricezione (Acknowledgment) e poi inizia a spedire il messaggio dati usando lo slotted CSMA-CA

Il dispositivo completa il trasferimento inviando un messaggio di avvenuta ricezione (Acknowledgment) del messaggio dati

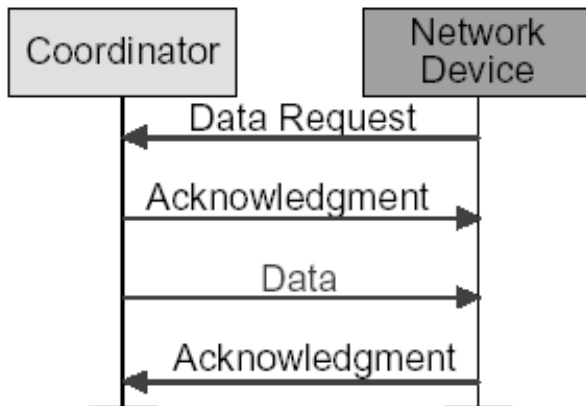
LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

IL LIVELLO MAC

Trasferimento dati da un coordinator con rete “beacon disabled”

Quando un Coordinator desidera trasferire i dati ad un dispositivo in una rete “senza beacon, memorizza i dati affinché il dispositivo adatto stabilisca il contatto per chiederne il trasferimento



Un dispositivo può stabilire il contatto trasmettendo un MAC Command per chiedere i dati al relativo Coordinator, usando l’unslopped CSMA-CA

Il Coordinator conferma l’avvenuta ricezione della richiesta di dati trasmettendo un messaggio (Acknowledgment)

Se i dati sono pronti per essere trasmessi, il Coordinator li trasmette al dispositivo, usando l’unslopped CSMA-CA

Se i dati non sono pronti, il Coordinator trasmette un pacchetto di dati con un Payload di lunghezza zero per indicare che non ci erano dati pronti da spedire

Il dispositivo conferma poi l’avvenuta ricezione del pacchetto con l’ennesimo Acknowledgment

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

IL LIVELLO MAC

Trasferimento dati da un coordinator con rete “beacon disabled”

In una rete peer-to-peer, ogni dispositivo può comunicare con ogni altro dispositivo “visibile”

A tale scopo, i dispositivi che vogliono comunicare avranno necessità di *ricevere* costantemente o *sincronizzarsi* con ogni altro dispositivo della rete

Nel primo caso, il dispositivo può trasmettere utilizzando un unslotted CSMA-CA

Nel secondo caso, la sincronizzazione va ottenuta con metodi non descritti nello standard attuale

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

...ritornando all'accesso al canale...

Nelle reti “senza Beacon”, il meccanismo di accesso al canale è del tipo *unslotted CSMA-CA*

Ogni volta che un dispositivo desidera trasmettere Data Frames o MAC Command Frame, dovrà aspettare un intervallo di tempo casuale

Se il canale viene trovato libero, il dispositivo trasmetterà i relativi dati altrimenti il dispositivo aspetterà un altro intervallo casuale prima di provare ad accedere nuovamente al canale

Gli Acknowledgement Frame possono invece essere trasmessi senza usare il meccanismo CSMA-CA

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

...ritornando all'accesso al canale...

Nelle reti “con Beacon”, il meccanismo di accesso al canale è del tipo slotted CSMA-CA, dove gli slot di backoff sono allineati con l'inizio di trasmissione dei Beacon

Ogni volta che un dispositivo desidera trasmettere Data Frames durante il CAP, dovrà aspettare un numero di slot di backoff casuale a partire dal successivo

Se il canale viene trovato occupato, seguendo questo backoff casuale, il dispositivo dovrà aspettare un altro numero casuale di slot di backoff prima di provare ad accedere nuovamente nel canale

Se viene trovato libero, il dispositivo potrà iniziare a trasmettere a partire dal successivo slot

Gli Acknowledgement Frame e i Beacon Frame possono invece essere trasmessi senza usare il meccanismo CSMA-CA

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

...alcune considerazioni sul consumo di energia...

Il protocollo è stato sviluppato per favorire i dispositivi a pile, i quali richiederanno un duty-cycle molto basso per ridurre il consumo di energia

Questi dispositivi passano la maggior parte della loro vita operativa in una condizione di inattività (***sleep***), ascoltando periodicamente il canale a RF per determinare se un messaggio è in corso

	MC13192	CC2420
Consumo di corrente	Sleep 1 μ A Trasmissione 34 mA Ricezione 37 mA	Sleep 1 μ A Trasmissione 17.4 mA Ricezione 19.7 mA

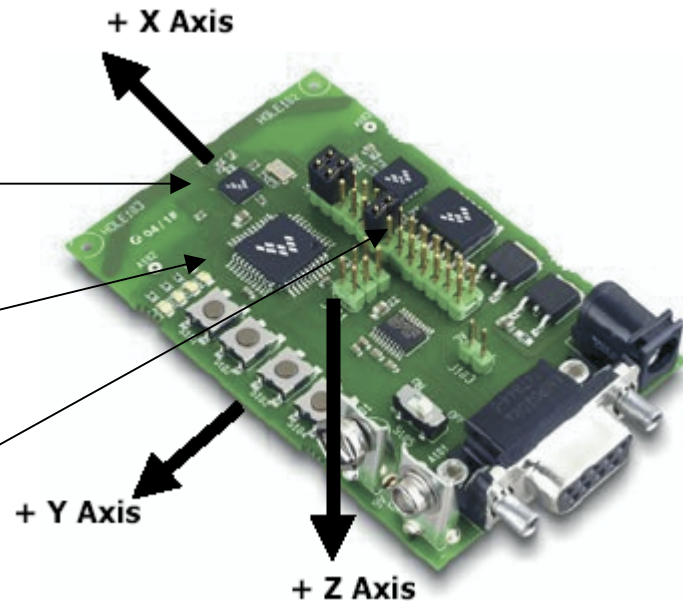
LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

UNA PRIMA APPLICAZIONE ZIGBEE

Il kit comprende 2 board, ognuna delle quali possiede:

- *Un transceiver MC13192*
- *Un microcontrollore MC9S08GT60 pre-programmato*
- *Due sensori di accelerazione (Uno per gli assi X e Y, uno per l'asse Z)*



LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

UNA PRIMA APPLICAZIONE ZIGBEE

L'applicazione pre-programmata è detta “Accelerometer Demonstration”, dove le due board fungono una da “trasmettitore” e una da “ricevitore”:

- **Trasmettitore**

Legge le informazioni sugli assi ricavate dagli accelerometri, crea i pacchetti e li spedisce

- **Ricevitore**

Riceve i pacchetti e attraverso un cavo seriale permette di visualizzare i dati ricavati su un Pc

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

UNA PRIMA APPLICAZIONE ZIGBEE

Sono state fatte varie misure in termini di corrente assorbita al variare della distanza tra trasmettitore e ricevitore e si è notato che tutti i valori misurati ad ogni distanza sono pressoché uguali

Oltre i 10 metri le due board non comunicano più!!!!

TX	Fase di accensione	44.4 mA (6.0 mA dopo circa 10 sec.)
	Fase di aggancio con RX	14.7 mA÷16.0 mA
	Fase di TX	14.7 mA÷15.9 mA
RX	Fase di accensione	47.0 mA (9.5 mA dopo 10 sec., poi 5.3mA)
	Fase di aggancio con TX	51.0 mA (44.8 mA dopo circa 10 sec.)
	Fase di RX	50.4 mA÷51.0 mA

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

CONFRONTO ZIGBEE-BLUETOOTH

CONSUMO DI POTENZA ISTANTANEA

I Transceivers 15.4 sono “simili” a quelli Bluetooth:

- 802.15.4

- O-QPSK with shaping
- Max data rate 250kbps over the air
- 2Mchips/s over the air Direct Sequence Spread Spectrum (62.5ksps*32 spread)
- -92 dBm sensitivity nominal

- Bluetooth

- FSK
- Max data rate 720kbps over the air
- 1Msps over the air Frequency Hop Spread Spectrum (79 channels @ 1600 hps)
- -83 to -84 dBm sensitivity nominal

Il consumo di potenza sarebbe simile nei due casi se non fosse per il differente protocollo adottato !!!

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

CONFRONTO ZIGBEE-BLUETOOTH

Il Protocollo 15.4 Protocol è stato sviluppato con scopi molto differenti da Bluetooth:

–802.15.4

- Duty cycle molto bassi, applicazioni con alimentazione a batteria e tempi di vita molto lunghi
- Reti statiche e dinamiche, topologie cluster tree e star network structures con potenzialmente un numero molto grande di nodi ($>>65534$), bassa latenza se richiesto
- Capacità di rimanere in uno stato di inattività per lunghi periodi senza dover comunicare con la rete

–Bluetooth

- Duty cycle medio, dispositivi con consumo abbastanza elevato
- Sostituzione dei mezzi di comunicazione wired per dispositivi che necessitano di data rates non eccessivi ma con un elevato QoS e latenza molto bassa
- Reti Quasi-statiche con topologia star e con al massimo 7 dispositivi (in grado di far parte di più reti contemporaneamente)
- Generalmente utilizzato in applicazioni dove il consumo di potenza è non fisso (cuffie, cellulari) o per dispositivi alimentati dalla rete (stampanti)

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

CONFRONTO ZIGBEE-BLUETOOTH

- *Lo stack protocollare ZigBee può arrivare ad occupare soli 32 KB (in Bluetooth fino a 250KB)*
- *ZigBee può raggiungere un Data Rate di 250 kbps, assai più basso dei 723 kbps di Bluetooth*
- *Negli stati a basso consumo ZigBee consente di ottenere consumi molto bassi (Sleep Mode $\sim 1\mu A$) rispetto a Bluetooth (Park, Hold e Sniff Mode $\sim 15mA$)*

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia ZigBee

CONFRONTO ZIGBEE-BLUETOOTH

**Considerazioni
sui tempi**

ZigBee:

- Tempo di unione alla rete = 30ms
- Tempo di passaggio allo stato “attivo” = 15ms
- Tempo di accesso al nodo “attivo” = 15ms

Bluetooth:

- Tempo di unione alla rete = >3s
- Tempo di passaggio allo stato “attivo” = 3s
- Tempo di accesso al nodo “attivo” = 2ms