



Università degli studi di Catania

Facoltà di Ingegneria

Corso di laurea in Ingegneria Informatica

Tecnologia ZigBee

Introduzione



Cos'è ZigBee



ZigBee è un sistema per la trasmissione di dati ed il comando di dispositivi a distanza in ambiente wireless.

E' in grado di trasportare piccole quantità di dati (max 250 kbit/s) fino a 70 metri nelle bande radio ISM, realizzando reti star o peer-to-peer tra oggetti mobili dotati di sensori che consente di monitorare e controllare.

Permette di interconnettere alcune centinaia di nodi ed è caratterizzato da bassa potenza e basso costo per poter essere incorporato anche in oggetti di poco prezzo.

Introduzione



Cos'è la Zigbee Alliance



La ZigBee Alliance è un'associazione di società che lavorano insieme per ottenere prodotti, per la trasmissione wireless di dati, basati su uno standard globale aperto.

L'adesione a questo consorzio industriale no-profit è aperta a tutti.

I principali aspetti su cui sta operando sono:

- basso consumo di potenza;
- basso costo per i dispositivi, per l'installazione e per la manutenzione;
- alta densità di nodi per ogni rete;
- protocollo semplice.



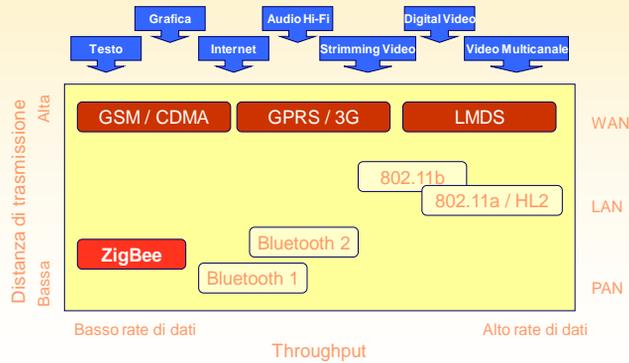
Mission Statement

To enable reliable, cost-effective, low-power, wirelessly networked, monitoring and control products based on an open global standard.

Introduzione

Panoramica sulle reti wireless

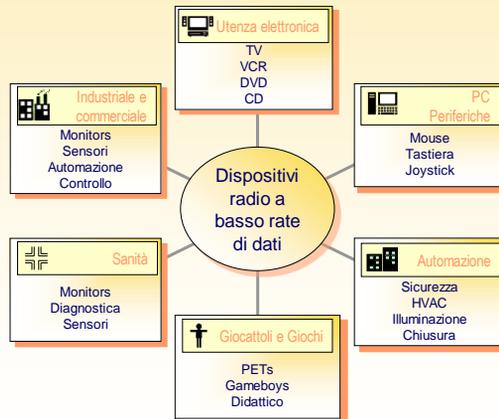
Per meglio comprendere il punto in cui si posiziona ZigBee, osserviamo la seguente figura che mostra un quadro generale sulle reti wireless:



Introduzione

Mercato

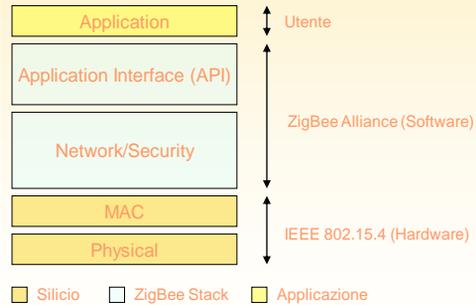
I dispositivi ZigBee saranno utilizzati in svariati mercati.



Introduzione

802.15.4 & ZigBee

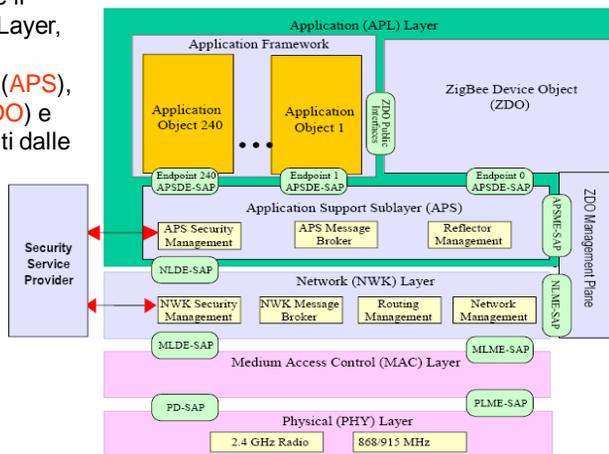
- IEEE 802.15.4 si occupa della trasmissione e ricezione sul mezzo fisico radio e permette il trasporto affidabile di dati.
- ZigBee si occupa invece della topologia della rete, routing, gestione della sicurezza e software per le applicazioni.



IEEE 802.15.4

La ZigBee Alliance ha implementato, a partire da 802.15.4, il Network Layer e il framework per l'Application Layer, che include il sottostrato di supporto per le applicazioni (APS), i ZigBee Device Objects (ZDO) e gli Application Objects definiti dalle case produttrici

- IEEE 802.15.4 defined
- ZigBee™ Alliance defined
- End manufacturer defined
- Layer function
- Layer interface



IEEE 802.15.4

Caratteristiche generali

[2, 4, 6, 7]

Le principali caratteristiche del protocollo IEEE 802.15.4 sono:

1. semplicità e affidabilità

- Il canale di accesso è CSMA/CA con time slotting opzionale
- Utilizza messaggi di ack e strutture beacon opzionali
- La sicurezza è multi-livello
- Superframe opzionale
- Routing su vari percorsi

2. robustezza

- Si accerta che il canale sia libero prima della trasmissione
- Conferma ogni pacchetto ricevuto
- Ritrasmette se non viene ricevuta conferma
- Duty cycle molto basso

IEEE 802.15.4

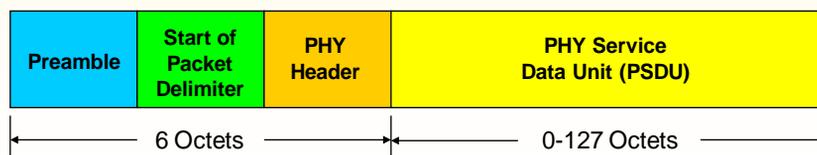
Caratteristiche PHY

[2, 4, 6]

Bande utilizzate per il livello fisico.

| BANDA | COPERTURA | DATA RATE | N° CANALI | SENSITIVITA' di RX | MODULAZIONE |
|---------|---------------|-----------|-----------|--------------------|-------------|
| 868 MHz | Europea | 20 Kbps | 1 | -92dBm | BPSK |
| 915 MHz | ISM Americana | 40 Kbps | 10 | -92dBm | BPSK |
| 2.4 GHz | ISM Mondiale | 250 Kbps | 16 | -85dBm | O-QPSK |

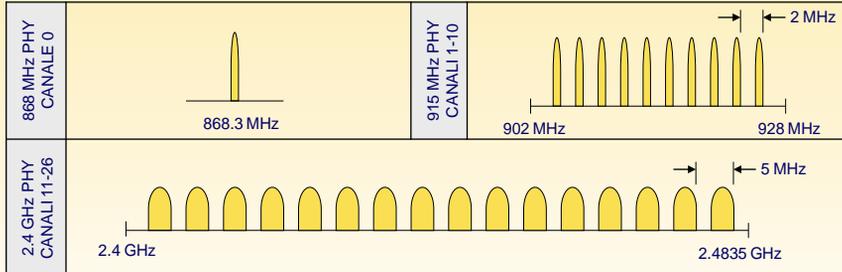
Struttura della frame del livello fisico



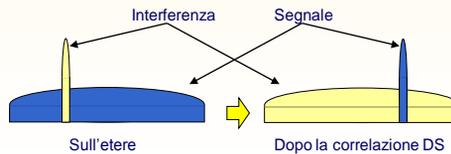
IEEE 802.15.4

Caratteristiche PHY

[3, 4, 6, 7]



Per la trasmissione dei segnali, la tecnica utilizzata è la DS (Direct Sequence)



Corso Reti per controllo di Processo

15

IEEE 802.15.4

Caratteristiche PHY

La modulazione adottata è di tipo **DSSS**, con un data rate massimo di **250 kbps**, con sequenze di codice (chipping code) di lunghezza differente a seconda della banda utilizzata:

- **BPSK [Bi-Phase Shift Keying]**, tecnica per il trasporto dell'informazione basata sull'utilizzo di 2 possibili fasi per la portante] per gli 868 MHz e 915 MHz
- **O-QPSK [Offset Quadrature Phase Shift Keying]**, modulazione di fase con 4 posizioni della portante nel diagramma di fase (angolo) / ampiezza (distanza dal centro)] per i 2.4 GHz.

| PHY (MHz) | Frequency band (MHz) | Spreading parameters | | Data parameters | | |
|-----------|----------------------|----------------------|------------|-----------------|-------------------------|-------------------|
| | | Chip rate (kchip/s) | Modulation | Bit rate (kb/s) | Symbol rate (ksymbol/s) | Symbols |
| 868/915 | 868–868.6 | 300 | BPSK | 20 | 20 | Binary |
| | 902–928 | 600 | BPSK | 40 | 40 | Binary |
| 2450 | 2400–2483.5 | 2000 | O-QPSK | 250 | 62.5 | 16-ary Orthogonal |

Corso Reti per controllo di Processo

16

IEEE 802.15.4



Funzioni del PHY



[3, 4, 6, 7]

- Il livello fisico fornisce l'interfaccia tra il canale di trasmissione e il livello MAC dello standard e deve fornire le seguenti funzioni:
- **Attivazione e disattivazione del transceiver**
- **Rilevazione dell'energia nel canale in uso (*Energy Detection ED*)**
- **Rilevamento della qualità del collegamento (*Link Quality LQ*)**
- **Clear Channel Assessment (CCA)**
- **Fornire tutti i servizi svolti alla realizzazione del CSMA-CA**
- **La selezione della frequenza di comunicazione**
- **Trasmissione e ricezione di dati**

IEEE 802.15.4

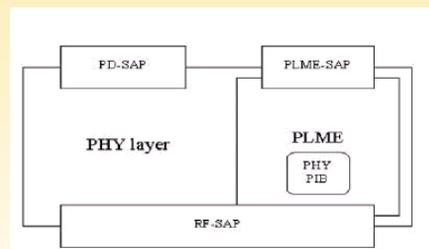


Architettura del PHY



[3, 4, 6, 7]

Il livello fisico include un'unità chiamata il **PHY Layer Management Entity (PLME)**, che realizza, attraverso le primitive presenti, l'interfaccia con il livello MAC, generando e mantenendo le strutture dati necessarie per tale servizio: **PAN information Base (PIB)**.



Il livello PHY fornisce due servizi accessibili da due SAP):

- Il **PHY Data Service** accessibile attraverso il **PHY Data SAP**
- Il **PHY management service** accessibile attraverso il **PLME-SAP**

IEEE 802.15.4



Informazioni fornite dal PHY



[3, 4, 6, 7]

Link Quality Indication (LQI)

In merito alla ricezione di un pacchetto, il PHY trasmette la lunghezza della PSDU, la PSDU stessa e la qualità del link (LQ) nella primitiva di **PD-DATA.indication**.

La misura di LQI è una **descrizione dell'intensità della qualità di un pacchetto ricevuto**.

La misura può essere effettuata usando l'ED del ricevente, una valutazione segnale-rumore o una combinazione di questi metodi. L'uso del risultato di LQI spetta agli strati di applicazione o della rete. Il valore di LQI risultato dovrebbe essere riportato come numero intero variabile tra 0x00 e 0xff.

Il valore minimo ed i valori massimi di LQI dovrebbero essere associati con i segnali dello standard IEEE 802.15.4 di più bassa e più alta qualità rilevabili dal ricevente ed i valori di LQ dovrebbero essere distribuiti uniformemente fra questi due limiti.

Corso Reti per controllo di Processo



IEEE 802.15.4



Caratteristiche PHY



[3, 4, 6, 7]

Clear Channel Assessment (CCA)

La valutazione di Clear Channel Assessment è effettuata secondo almeno uno di seguenti tre metodi:

Energia sopra la soglia. CCA segnalerà un mezzo occupato, rilevando ogni energia sopra la soglia di ED.

Carrier sense only. CCA segnalerà un mezzo occupato soltanto alla rilevazione di un segnale con la modulazione e le caratteristiche di diffusione di IEEE 802.15.4.

Questo segnale può essere sopra o sotto la soglia di ED.

Carrier sense con energia sopra la soglia. CCA segnalerà un mezzo occupato soltanto alla rilevazione di un segnale con la modulazione e le caratteristiche di diffusione di IEEE 802.15.4 con energia sopra la soglia.

Corso Reti per controllo di Processo



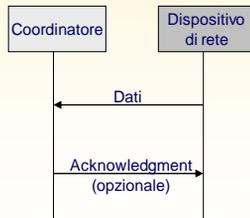
IEEE 802.15.4



Esistono due meccanismi di accesso al canale:

1. Senza beacon

- standard ALOHA CSMA-CA
- Acknowledgement per ricezione affidabile dei pacchetti

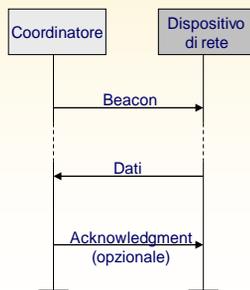


IEEE 802.15.4



2. Con beacon

- struttura superframe
 - per larghezza di banda dedicata e per bassa latenza
 - settaggio intervallo di beacon dal coordinatore (da 15ms a 252s)



IEEE 802.15.4



Indirizzamento MAC



[1, 2, 4, 6]

Lo standard IEEE 802.15.4 fa uso di indirizzi di due dimensioni:

1. *64 bit*
E' possibile indirizzare fino a 2^{64} dispositivi (nodi)
2. *16 bit (short address)*
E' possibile indirizzare 2^{16} dispositivi (nodi) riducendo l'overhead dell'indirizzo nei pacchetti

Le modalità impiegate sono:

- Network + identificatore del dispositivo (topologia a stella)
- Identificatore sorgente/destinazione (topologia peer-to-peer)

IEEE 802.15.4



Dispositivi IEEE 802.15.4



[1, 2, 4, 6]

Lo standard IEEE 802.15.4 definisce tre tipi di dispositivi al fine di ridurre il costo di realizzazione della rete:

NETWORK COORDINATOR

- Mantiene la totale conoscenza della rete
- E' il più sofisticato dei tre tipi
- Maggiore memoria e potenza di computazione richiesta

FULL FUNCTION DEVICE (FFD)

- Può funzionare in qualsiasi topologia
- Capace di essere il coordinatore di rete
- Capace di essere un coordinatore
- Può parlare a qualche altro dispositivo
- E' possibile aggiungergli memoria

REDUCED FUNCTION DEVICE (RFD)

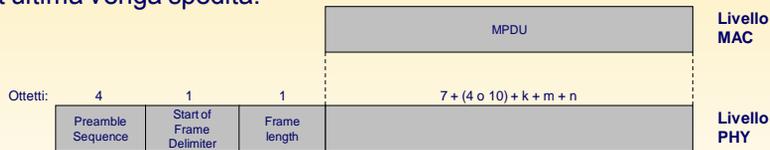
- Limitato a funzionare nella topologia a stella
- Non può divenire un coordinatore di rete
- Parla solamente ad un coordinatore di rete
- Implementazione molto semplice

IEEE 802.15.4

Caratteristiche MAC

[1, 6, 7]

Il MAC IEEE 802.15.4 definisce quattro strutture di frames che verranno incapsulate singolarmente dentro la PDU del livello fisico prima che quest'ultima venga spedita.



Esse sono:

1. Una BEACON frame, usata da un coordinatore per trasmettere beacons;
2. Una COMMAND frame, usata per fornire un meccanismo di controllo/configurazione remota di nodi client;
3. Un ACKNOWLEDGMENT frame, usata per confermare la ricezione della frame con successo;
4. Una DATA frame, usata per tutti i trasferimenti di dati.

IEEE 802.15.4

MAC Frames

[1, 6, 7]

| | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|------------------------|----------------|-----|
| BEACON FRAME | Otetti: 2 1 4 o 10 2 k m n 2 | | | | | | | | |
| | <table border="1"> <tr> <td>Frame Control</td> <td>Beacon Sequence Number</td> <td>Src. Address Information</td> <td>Superframe Specification</td> <td>GTS Fields</td> <td>Pending Address Fields</td> <td>Beacon Payload</td> <td>FCS</td> </tr> </table> | Frame Control | Beacon Sequence Number | Src. Address Information | Superframe Specification | GTS Fields | Pending Address Fields | Beacon Payload | FCS |
| Frame Control | Beacon Sequence Number | Src. Address Information | Superframe Specification | GTS Fields | Pending Address Fields | Beacon Payload | FCS | | |
| COMMAND FRAME | Otetti: 2 1 4 a 20 1 n 2 | | | | | | | | |
| | <table border="1"> <tr> <td>Frame Control</td> <td>Data Sequence Number</td> <td>Address Information</td> <td>Command Type</td> <td>Command Payload</td> <td>FCS</td> </tr> </table> | Frame Control | Data Sequence Number | Address Information | Command Type | Command Payload | FCS | | |
| Frame Control | Data Sequence Number | Address Information | Command Type | Command Payload | FCS | | | | |
| ACKNOWLEDGMENT FRAME | Otetti: 2 1 2 | | | | | | | | |
| | <table border="1"> <tr> <td>Frame Control</td> <td>Data Sequence Number</td> <td>FCS</td> </tr> </table> | Frame Control | Data Sequence Number | FCS | | | | | |
| Frame Control | Data Sequence Number | FCS | | | | | | | |
| DATA FRAME | Otetti: 2 1 4 a 20 n 2 | | | | | | | | |
| | <table border="1"> <tr> <td>Frame Control</td> <td>Data Sequence Number</td> <td>Address Information</td> <td>Data Payload</td> <td>FCS</td> </tr> </table> | Frame Control | Data Sequence Number | Address Information | Data Payload | FCS | | | |
| Frame Control | Data Sequence Number | Address Information | Data Payload | FCS | | | | | |

GTS > Garanteed Time Slot - FCS > Frame Check Sequence

IEEE 802.15.4

Primitive MAC

[1]

| MAC Data Service | |
|-----------------------------|--|
| MCPS-DATA | scambia i pacchetti di dati fra MAC e PHY |
| MCPS-PURGE | svuota un MSDU dalla coda di transazione |
| MAC Data Service | |
| MLME-ASSOCIATE/DISASSOCIATE | associazione della rete |
| MLME-SYNC / SYNC-LOSS | sincronizzazione del dispositivo |
| MLME-SCAN | scansione canali radio |
| MLME-COMM-STATUS | stato della comunicazione |
| MLME-GET / SET | recupero/settaggio parametri MAC PIB |
| MLME-START / BEACON-NOTIFY | gestione beacon |
| MLME-POLL | sincronizzazione senza beacon |
| MLME-GTS | gestione GTS |
| MLME-RESET | richiesta per MLME per resettare |
| MLME-ORPHAN | gestione dispositivi orfani |
| MLME-RX-ENABLE | abilitazione/disabilitazione del sistema radio |

Corso Reti per controllo di Processo

31

IEEE 802.15.4

Sicurezza a livello MAC

[1]

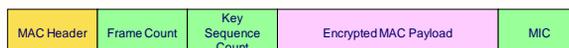
La sicurezza in ZigBee è realizzata nel livello MAC, grazie all'algoritmo di crittografia AES-128 (Advanced Encryption Standard)

Tuttavia sono gli strati superiori che

- controllano questo processo;
- preparano le chiavi;
- determinano i livelli di sicurezza da usare.

L'applicazione che gestisce la sicurezza può aggiungere al payload:

- una frame count;
- una key sequence count;
- un MIC (Message Integrity Code).



Corso Reti per controllo di Processo

32

IEEE 802.15.4



Sicurezza a livello MAC



[1]

Le suites di sicurezza dello strato MAC sono basate su tre modalità operative:

1. Encryption che è fatta usando AES nella modalità **Counter(CTR)**;
2. Integrity che è fatta usando AES nella modalità **Cipher Block Chaining (CBC- MAC)**;
3. Una combinazione di entrambe fatta usando un mix delle modalità CTR e CBC- MAC chiamata **CCM**.

ZigBee



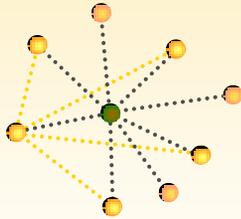
ZigBee

Topologia reti ZigBee

[2, 3]

In ogni topologia sono presenti

- *network coordinator*
- *network node*



NETWORK COORDINATOR

- trasmette beacons
- setta una rete
- amministra un nodo
- memorizza informazioni relative ai nodi di rete
- instrada messaggi fra coppie di nodi
- riceve costantemente

NETWORK NODE

- ricerca le reti disponibili
- trasferisce dati dalla propria applicazione quando è necessario
- stabilisce se il dato è in attesa
- richiede dati dal network coordinator
- può "dormire" per molto tempo
- è generalmente corredato di batteria

Corso Reti per controllo di Processo

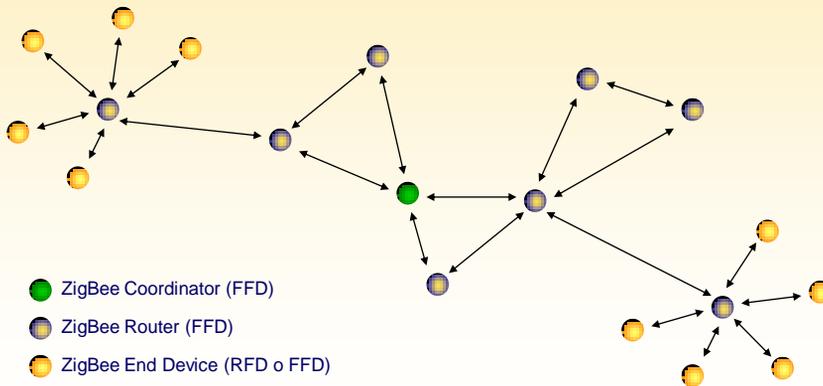
37

ZigBee

Esempio

[1, 2, 7]

Un modello di rete ZigBee è pertanto il seguente:



Corso Reti per controllo di Processo

38

ZigBee



Traffico



[1, 2, 3, 4]

| Tipo | Impiego | Esempio |
|---------------------------------|--|-----------------|
| Dati periodici | Applicazioni con rate definito, sistemi con beacon | sensori |
| Dati intermittenti | Applicazioni con rate definito o determinato da un comando esterno, sistemi senza beacon | accensione luci |
| Dati ripetitivi a bassa latenza | Applicazioni dove si richiede l'allocazione di time slot | mouse |

ZigBee



Sicurezza al livello Network



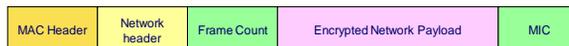
Anche il livello Network utilizza l'AES, ma le suites di sicurezza nello strato network sono tutte basate su una sola modalità operativa:

1. CCM* che include tutte le modalità CCM del MAC ed in più solo l'encryption e solo l'integrity.

Una sola modalità fornisce:

- semplicità
- l'utilizzo di una singola chiave per differenti suite
- flessibilità di specificare quale suite utilizzare per ogni network frame

Anche in questo caso si può aggiungere una frame count e un (Message Integrity Code) MIC.



ZigBee

Sicurezza

Per processare la frame viene utilizzato il Security Services Provider (SSP).

Il compito di SSP è:

- guardare la destinazione della frame;
- recuperare la chiave associata con quella destinazione;
- applicare la suite di sicurezza alla frame.

ZigBee

Servizi del livello applicazione

[4]

I servizi offerti dal livello applicazione sono:

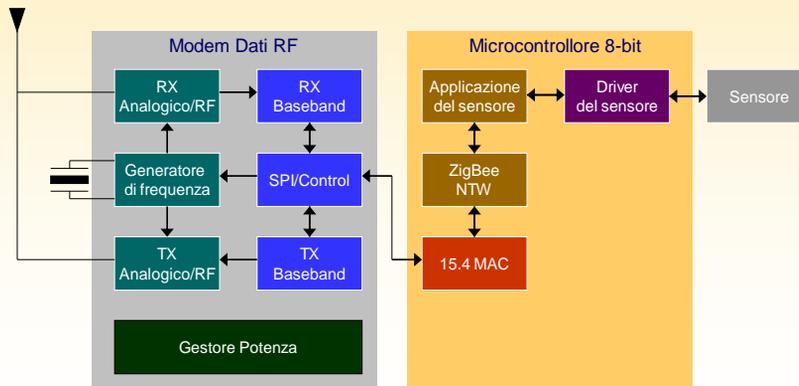
| | |
|-----------|--|
| Discovery | Supporto di primitive per la scoperta di dispositivi che stanno operando nello stesso spazio di un dispositivo |
| Binding | Accoppiamento di due o più dispositivi |
| Security | Relazioni attraverso chiavi sicure |

ZigBee

Esempio per un'applicazione a sensore

[2, 6, 7]

Un'applicazione ZigBee è basata su due dispositivi: un modem radio ed un microcontrollore che implementa l'applicazione.



Mercato iniziale

Home control

[10]

Controllo

- Permette di accendere luci, sistemi di riscaldamento e raffreddamento nella casa da ovunque
- Automatizza il controllo di diversi sistemi domestici per migliorare la conservazione, la convenienza e la sicurezza

Conservazione

- Acquisisce in maniera dettagliata dati riguardo elettricità, acqua e gas
- Incorpora intelligenza per ottimizzare il consumo di risorse naturali

Convenienza

- Installa e aggiorna sistemi di controllo delle reti di casa senza fili
- Configura e esegue sistemi multipli da un singolo punto di controllo remoto

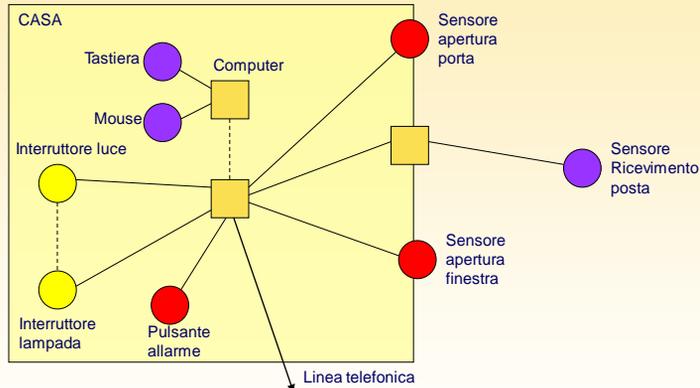
Sicurezza

- Installa facilmente sensori wireless per monitorare un vasta varietà di condizioni
- Riceve automaticamente notifiche riguardo la scoperta di eventi non usuali

Mercato iniziale

Esempio

[2]



- E' possibile aggiungere successivamente altri dispositivi ZigBee.
- Il PAN Coordinator localizza i nuovi dispositivi e li aggiunge alla rete.
- Tramite il computer è possibile automatizzare la casa.

Mercato iniziale

Building Automation

[10]

Controllo

- Integra e centralizza la gestione di luci, riscaldamento, raffreddamento e sicurezza
- Controlla automaticamente diversi sistemi per migliorare conservazione, flessibilità e sicurezza

Conservazione

- Riduce la spesa per l'energia attraverso la gestione ottimizzata di HVAC
- Alloca equamente i costi di utilità basati sul consumo attuale

Flessibilità

- Riconfigura piccoli sistemi velocemente per creare workspace adattativo
- Estende e aggiorna infrastrutture di costruzione con minimo sforzo

Sicurezza

- Trasmette e integra dati dai punti di controllo ad accesso multiplo
- Dispone reti di monitoraggio wireless per migliorare la protezione perimetrale

Mercato iniziale



Industrial Automation



[10]

Controllo

- Estende esistenti sistemi di controllo di processi e manifatturieri affidabilmente
- Migliora la qualità di gestione monitorando continuamente i dispositivi critici

Conservazione

- Riduce i costi di energia attraverso processi manifatturieri ottimizzati
- Identifica operazioni inefficienti o dispositivi scarsamente performanti

Flessibilità

- Acquisisce automaticamente dati da sensori remoti per ridurre l'intervento dell'utente
- Fornisce dati dettagliati per migliorare i programmi di mantenimento preventivo

Sicurezza

- Dispone reti di monitoraggio per migliorare la sicurezza pubblica e dei dipendenti
- Semplifica la collezione dei dati per migliorare l'accettazione del reporting

ZigBee vs Bluetooth



ZigBee vs Bluetooth

○○○○ Latenze ○○○○ [4]

Il protocollo ZigBee è ottimizzato per **applicazioni tempo critiche**.

| Nome sul mercato | ZigBee | Bluetooth |
|---|----------|-----------|
| Standard | 802.15.4 | 802.15.1 |
| Tempo di collegamento alla rete | 30ms | 3s |
| Passaggio dalla modalità sleeping a quella attiva | 15ms | 3s |
| Tempo di accesso al canale in modalità attiva | 15ms | 2ms |
| Beacon | presente | assente |

L'ottimizzazione dei tempi e l'introduzione del *beacon* fanno sì che, rispetto a quanto accadeva nella tecnologia Bluetooth, con ZigBee le batterie durano molto di più.

Corso Reti per controllo di Processo ●●●●●●●●●● 49

ZigBee vs Bluetooth

○○○○ Vita delle batterie ○○○○ [6]

Al variare della frequenza dei beacons, la vita delle batterie, con ZigBee, può infatti incrementarsi di molto, mentre in Bluetooth è costante perché non esiste il beacon.

GRAFICO RIFERITO A UN SENSORE DEL BATTITO CARDIACO

| Intervallo beacon (sec) | ZigBee Battery Life (Giorni) | Bluetooth Battery Life (Giorni) |
|-------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 0.015 | ~20 | 30 |
| 0.062 | ~40 | 30 |
| 0.246 | ~85 | 30 |
| 0.984 | ~150 | 30 |
| 3.937 | ~250 | 30 |
| 15.749 | ~350 | 30 |
| 62.996 | ~416 | 30 |
| 251.986 | ~430 | 30 |

Corso Reti per controllo di Processo ●●●●●●●●●● 50

ZigBee vs Bluetooth

○○○○ **Caratteristiche a confronto** ○○○○ [2, 4, 6, 8]

| Nome sul mercato | ZigBee | Bluetooth |
|------------------------------|--|-------------------|
| Standard | 802.15.4 | 802.15.1 |
| Interfaccia aerea | DSSS | FHSS |
| Risorsa di sistema | 4KB-32KB | 250KB |
| Vita della batteria (giorni) | 100-1000 | 1-7 |
| Tipo di batterie | Non Ricaricabile | Ricaricabile |
| Nodi per rete | 255 / 65000 | 7 |
| Larghezza di banda (Kb/s) | 20-250 | 1000 |
| Attributi chiave | Affidabilità Bassa potenza, Costo efficiente | Costo, Utilità |

Corso Reti per controllo di Processo ●●●●●●●●●● 51

ZigBee vs Bluetooth

○○○○ **Caratteristiche a confronto** ○○○○ [2, 4, 6, 8]

| Nome sul mercato | ZigBee | Bluetooth |
|------------------------------|----------------------------|---|
| Standard | 802.15.4 | 802.15.1 |
| Distanza di trasmissione (m) | 1-75 | 1-10 |
| Duty Cycle | Molto basso | Moderato |
| Collegamento alla rete | Rapido | Lento |
| Dimensione pacchetto | Piccola | Grande |
| Rete | Statica - Dinamica | Ad-hoc |
| Frequenza d'uso (MHz) | Bassa (868-916-2400) | Medio-Alta (2400) |
| Applicazione | Monitoraggio, Controllo | Grafica, Immagini, Telefonia Mobile |

Corso Reti per controllo di Processo ●●●●●●●●●● 52

ZigBee vs Bluetooth

Caratteristiche a confronto
[2, 4, 6, 8]

| Nome sul mercato | ZigBee | Bluetooth |
|---------------------------------------|---------------|--------------|
| Standard | 802.15.4 | 802.15.1 |
| N° canali | 1/10/16 | 79 |
| Modulazione | BPSK / O-QPSK | FSK |
| Sensitivity (dBm) | da -85 a -92 | da -83 a -84 |
| Xtal (ppm) | 40 | 20 |
| Consumo di potenza a livello PHY (mW) | < Bluetooth | ~ 40-100 |
| Costo dispositivi (\$) | ½ Bluetooth | ~ 5 |

Corso Reti per controllo di Processo ●●●●●●●●●● 53

ZigBee vs Bluetooth

Considerazioni conclusive del confronto
[2, 7]

Anche se i ricetrasmittitori Bluetooth e ZigBee sono molto simili, i protocolli sono differenti e progettati per diversi scopi.

Il protocollo ZigBee, rispetto a Bluetooth, è stato sviluppato per svariati tipi di applicazioni ed è ottimizzato per il consumo di energia.

Il consumo di potenza sarebbe simile solo nel caso di ricetrasmittitori senza protocollo.

ZigBee, a confronto con Bluetooth, permette di avere

- duty cycle molto basso;
- lunga vita delle batterie;
- elevato numero di nodi in reti sia statiche che dinamiche;
- bassa latenza;
- basso costo dei dispositivi.

Corso Reti per controllo di Processo ●●●●●●●●●● 54

Conclusioni



Sviluppi futuri



[9]

Le prime specifiche sono state ratificate nel dicembre del 2004, ed ora la ZigBee Alliance continuerà a convalidare le specifiche attraverso test di interoperabilità, scalabilità e miglioramenti futuri.

L'Alleanza promuoverà l'uso della tecnologia ZigBee nelle applicazioni del mondo reale per sostenere le nuove e creative domande per il mercato, così come faciliterà l'adozione dello standard ZigBee in tutto il mondo.

Appendice



Glossario



ISM: ISM band (Industrial, Scientific and Medical band) è una porzione dello spettro radio che può essere usata senza licenza.

SS (Spread Spectrum) è una tecnica dove il trasmettitore salta rapidamente da un sottocanale a un altro.

FH-SS: In FH-SS (Frequency Hopping Spread Spectrum) ogni dispositivo può avere una differente sequenza di frequenze da seguire, minimizzando la probabilità che 2 dispositivi occuperanno la stessa frequenza simultaneamente interferendo. Il broadcast FHSS è difficile da ascoltare senza conoscere il codice hop. I dispositivi con differenti sequenze di hop possono coesistere sullo stesso canale.

DS-SS: I sistemi DS-SS (Direct Sequence Spread Spectrum) si basano nel propagare l'energia del segnale facendo la XOR del segnale di dati con un codice pseudocasuale di spreading. Differenti dispositivi in un sistema possono usare differenti codici di spreading per supportare l'accesso multiplo.

Appendice

Glossario

QPSK: QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) è una tecnica di modulazione di fase digitale. E' facile da implementare e abbastanza resistente ai rumori.

BPSK: BPSK (BiPhase Shift Keying) è una tecnica di modulazione di fase digitale. Questo tipo di modulazione è meno efficiente di QPSK, ma è anche meno suscettibile ai rumori.

O-QPSK: O-QPSK (Offset Quadrature Phase Shift Keying) è un modulazione di fase digitale che non ha rotazione di fase di 180° e perciò ha un contenimento spettrale molto più alto della modulazione QPSK quando trasmette su canali non lineari a banda limitata.

CSMA/CA: CSMA (Carrier Sense Multiple Access) è una tecnica dove un dispositivo prima di trasmettere controlla se il mezzo è disponibile. Questo può ancora portare a collisione se molti dispositivi sono in attesa che il mezzo diventi disponibile, quindi si utilizza la strategia CA (Collision Avoidance) mediante la quale un trasmettitore prima di trasmettere i dati, manda un segnale per vedere se ci sono collisioni e per avvertire gli altri dispositivi di non trasmettere.

Tecnologia ZigBee

Riferimenti Bibliografici

- [1] ZigBee Technology: Wireless Control that Simply Works - Patrick Kinney – 2 oct 2003
- [2] ZigBee Alliance – Bob Heile – 9 jan 2004
- [3] ZigBee overview – Venkat Bahl - sep 2002
- [4] ZigBee Alliance - William C. Craig – 1 apr 2004
- [5] More over, Bluetooth; ZigBee is here – Randy Frank – Design news – 15 mar 2004
- [6] Description of measures used to enhance reliability in IEEE 802.15.4/ZigBee - Jon Adams - 24 sep 2004
- [7] Designing with 802.15.4 and ZigBee - Jon Adams – 9 mar 2004
- [8] Ultra-Wideband Radio Technology: Potential and Challenges Ahead - Domenico Porcino, Walter Hirt – jul 2003
- [9] ZigBee Alliance Finalizes Specification – 14 Dec 2004
- [10] ZigBee Alliance - www.zigbee.org – initial market

Fonti:

<http://www.palowireless.com>
<http://www.zigbee.org>
<http://www.ieee802.org>
<http://citeseer.ist.psu.edu/cs>