

**Valutazione dell' architettura di reti XBee e ZigBee su piccola scala  
basate su standard di comunicazione IEEE 802.15.4**

**Roberto Maurizio Pellegrini, Diego Volponi**

**Fondazione Ugo Bordoni**

**[mpellegrini@fub.it](mailto:mpellegrini@fub.it) , [dvolponi@fub.it](mailto:dvolponi@fub.it)**

## Introduzione

XBee e ZigBee sono due tipologie di reti a radiofrequenza “di prossimità” che rientrano nelle “low bitrate” Personal Area Network (PAN).

XBee è una rete di prima generazione con lo stesso standard di comunicazione dello ZigBee, che dà la possibilità di connettere più sistemi (ad esempio computer) sostituendo la connessione cablata. Può funzionare nella connessione point to point o nella connessione point to multipoint.

ZigBee è stato concepito nel 1998 per soddisfare il bisogno di piccole reti autoconfiguranti ed economiche.

Nel 2003 è stato rilasciato dai gruppi IEEE 802 collegati alle PAN, lo standard 802.15.4 che definisce i “livelli inferiori” (OSI) di ZigBee, ovvero un’infrastruttura di comunicazione ed una logica di controllo semplice e leggera dove i dispositivi sono in grado di comunicare tra loro in maniera autonoma.

Lo standard Zig Bee definisce un meccanismo di comunicazione Wireless operante su piccole distanze e con una modesta banda passante: 250 kbps su un raggio teorico tra i dieci e i settantacinque metri.

ZigBee opera come rete a basso bitrate e basso consumo e collega oggetti quali: gli interruttori della luce, le serrature, i sensori ambientali o gli allarmi a cui fornire la capacità di integrarsi in una rete domotica. Questi dispositivi non richiedono alte velocità, e hanno poche informazioni da scambiare, ma hanno bisogno di consumare poca energia e consentire ai terminali di funzionare per lungo tempo (mesi o anni) con le batterie incorporate.

Sfruttando la tecnologia ZigBee dovrebbe essere possibile monitorare e controllare lo stato dei sistemi in maniera centralizzata in ambiente domestico, commerciale o industriale.

Il termine ZigBee, deriva da “zigging bee” la danza delle api domestiche, metodo attraverso il quale vengono comunicati i dati essenziali per la sopravvivenza della colonia.

A questo punto bisogna specificare gli elementi essenziali per la definizione di una rete ZigBee.

In linea con l’analogia della colonia d’api, formata da una regina e dalle operaie, anche Zigbee è un’organizzazione gerarchica. Lo standard definisce tre livelli di funzioni logiche degli apparati:

- **ZigBee Coordinator – ZC (Controller)**

È l’elemento più complesso. Opera come nodo radice della rete ad albero di coordinamento, inizializza la rete, gestisce i vari nodi, opera la raccolta dati ed è in grado di operare come bridge verso altre reti. Per ogni rete viene designato un Coordinator che contiene le informazioni sulla rete e le chiavi di sicurezza.

- ZigBee Router – ZR; (detto anche Full function Device –FFD)

È un dispositivo client: genera informazioni e le invia al nodo centrale. Può anche agire come intermedio per il rilascio verso il nodo centrale di informazioni da altri dispositivi.

- ZigBee End Device – ZED; (detto anche Reduced Function Device – RFD o, semplicemente, nodo). È un dispositivo client: genera informazioni e le invia al Coordinator o al Router, ma non opera come intermediario per altri dispositivi.

È l’elemento più semplice ed economico, solitamente destinato ad oggetti quali interruttori, TV, radio, lampade, elettrodomestici, ecc.

Si possono realizzare reti a topologia Mesh, in cui sottoreti a stella (un sensore ZR/FFD che coordina diversi sensori ZED/RFD) si interfacciano mediante collegamenti diretti fra FFD (Fig. 1).

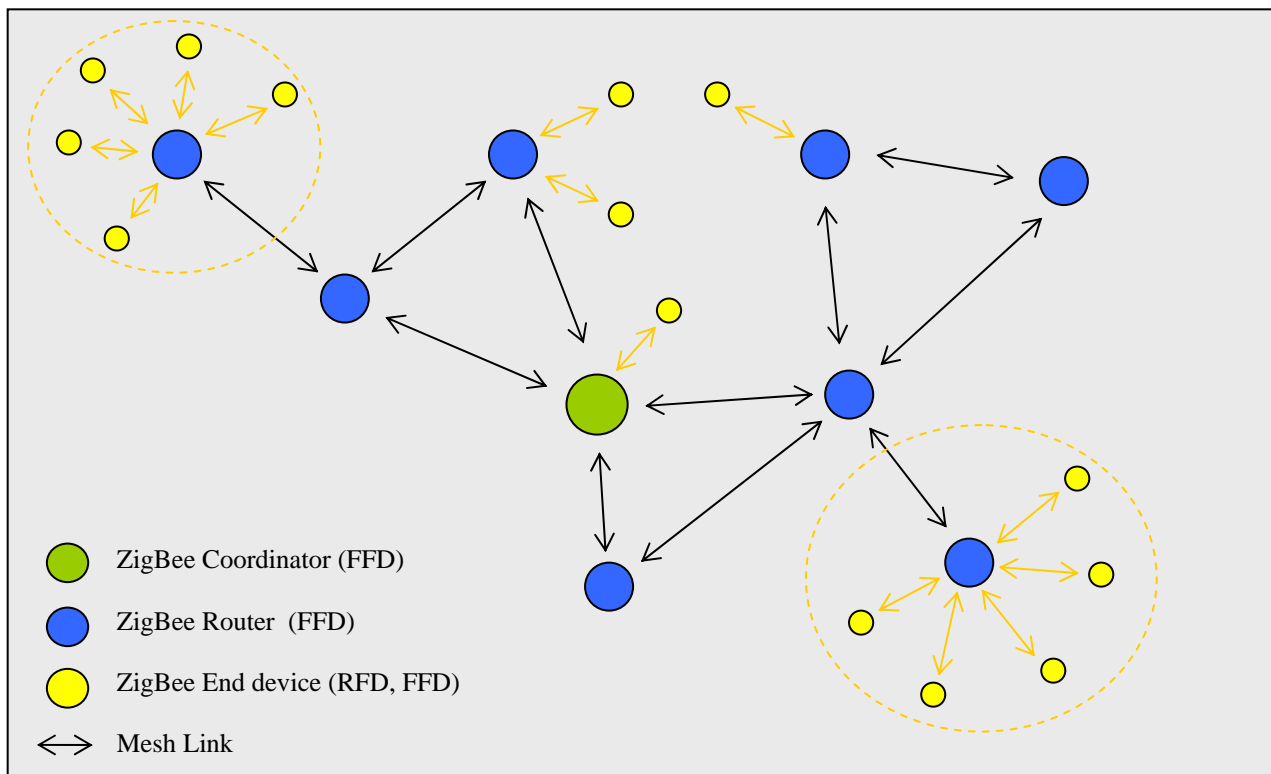


Fig.1 – Topologia di rete Mesh ZigBee

Con le reti Mesh gli apparati possono divenire essi stessi nodi di smistamento delle informazioni il che estende la portata della rete, aumenta l'affidabilità e soprattutto la resistenza a interferenze e guasti di apparati potendo modificare i percorsi della comunicazione a seconda delle condizioni al contorno.

### Specifiche tecniche

Per la realizzazione delle reti di nostro interesse, sono state utilizzate Schede seriali ZB01CA prodotte da Digi (Fig.2).

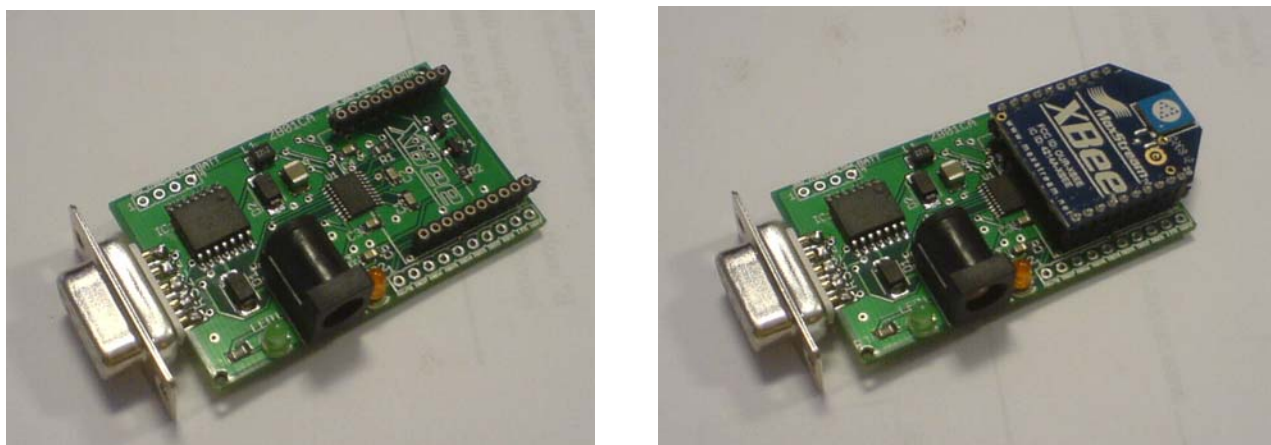


Fig. 2 – Scheda Seriale XBee e Zigbee

La scheda ZB01CA è un modulo seriale compatibile con la linea di dispositivi XBee e ZigBee prodotti da Digi.

L'alimentazione può avvenire da più fonti e in più modi:

tramite alimentatore esterno, attraverso il plug, lo ZB01CA accetta un range di tensioni da 7 a 40 V (9V consigliato), il regolatore on board si occuperà di alimentare il resto del dispositivo a 3,3V.

Se si sceglie di alimentare la scheda mediante batteria/pile ci si può collegare direttamente alla linea non regolata.

In questo caso bisogna prestare attenzione in quanto si va ad alimentare direttamente (senza regolatore) il modulo in oggetto e il range di tensioni accettate in questo caso è tassativamente dai 2,7 ai 3,4 V.

Il singolo modulo può essere connesso con dispositivi dotati di una porta RS232. Attraverso un adattatore usb/seriale, inoltre, ogni PC può essere munito di questa tecnologia wireless.

Lo standard ZigBee opera principalmente nella banda ISM 2,5 GHz, la stessa utilizzata da RadioLan generiche, WiFi, Bluetooth, Wibree e qualche TAG RFID passivo. Questo garantisce la possibilità di installare gli apparati in maniera libera, senza richiedere autorizzazioni.

Specifiche tecniche :

- Frequenza operativa universale: **2,4 GHz – 16 canali a sequenza diretta**
- Interfaccia radio avanzata:
  - o **Modulazione direct sequenze spread spectrum**
  - o **Codifica orthogonal QPSK (due bit per simbolo)**
- Bitrate lordi disponibili all'interfaccia aerea: **250 kbps**
- Potenza massima trasmessa: **2mW**
- Sensibilità del ricevitore: **-96 dBm**
- Opzioni d'antenna: **Integrate Whip, Chip, RPSMA, U.FL Connector**
- Opzioni d'indirizzo: **PAN ID and Addresses, Cluster IDs and Endpoints (optional)**
- Indoor/Urban Range: **40 m**
- Outdoor RF line-of-sight range: **120 m**

## Valutazione

In questa relazione, si vogliono valutare due reti su piccola scala: una costituita da dispositivi XBee e l'altra da dispositivi ZigBee.

I due esperimenti hanno come obiettivo:

- Trasferimento dati tramite radiofrequenza (Sostituzione del collegamento di rete)
- Controllo di uno switch remoto.

### **XBee - Sostituzione del collegamento di rete**

La prima valutazione prevede un'applicazione del sistema XBee, ovvero la possibilità di connettere più sistemi (ad es. Computer, stazioni meteo, modem, ecc.) senza dover utilizzare una connessione cablata.

Il sistema XBee, può funzionare nella connessione point to point (Fig.3) e nella connessione point-multipoint. Nell'esperimento sono state testate entrambe le funzionalità.

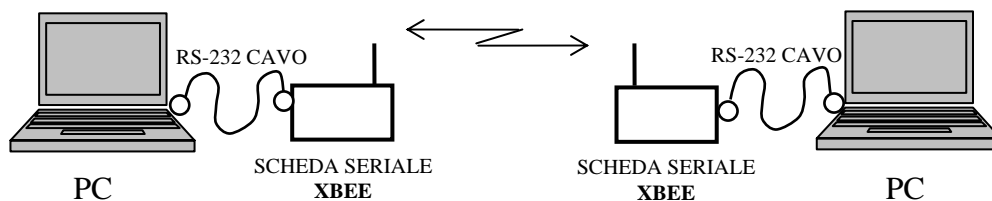


Fig.3 – **XBee**: Schema di collegamento Point to point

Per valutare la connessione point to point, sono stati assegnati indirizzi univoci wireless ai due sensori. Di seguito sono stati scambiati messaggi da un computer ad un altro ed è stato riscontrato il buon esito della prova.

Per la valutazione delle connessione point-multipoint, sono stati scambiati messaggi da un computer ad altri due computer. Per realizzare questa funzionalità è stato assegnato lo stesso indirizzo wireless ai due PC riceventi. Anche in questo caso non ci sono state collisione o perdite di informazioni ed è stato riscontrato il buon esito della prova.

### ZigBee - Controllo switch remoto

La seconda valutazione prevede l'utilizzo del sistema Zigbee per il controllo remoto dell'accensione e lo spegnimento di un utilizzatore che nel nostro caso è un Led che si illumina quando il circuito virtuale è chiuso.

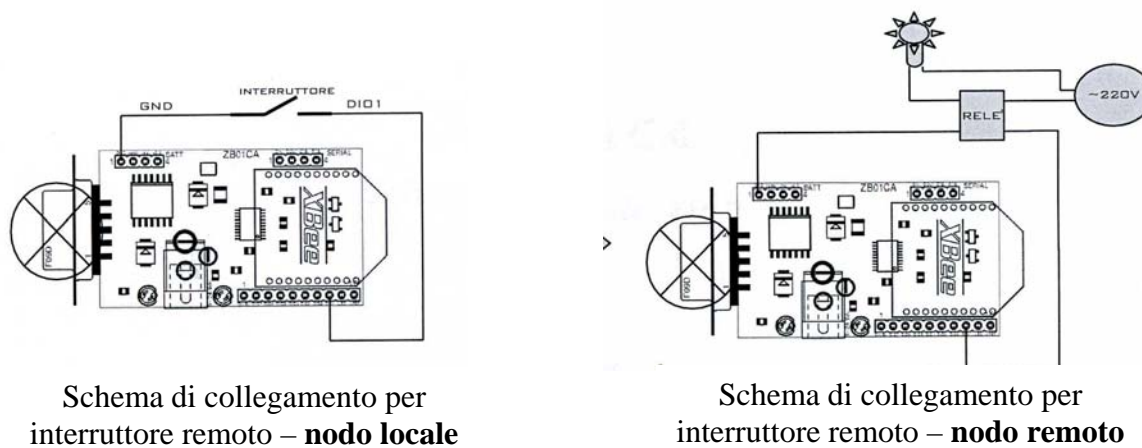


Fig. 4

In un primo momento si sono utilizzati un nodo programmato come Coordinatore ed un sensore sfruttato come End Device (Fig.4). In questo caso abbiamo utilizzato la funzione “line-passing” quindi, dopo aver collegato un interruttore tra uno degli ingressi/uscite digitali del nodo locale si è verificato con successo che tale interruttore è in grado di controllare l'accensione e lo spegnimento del LED sul nodo remoto.

Si è altresì verificato che il range di copertura del dispositivo è conforme alle specifiche dichiarate.

Per fare ciò il nodo “End Device” è stato posizionato a distanza tale che il Coordinatore non rilevava più la sua presenza nella rete.

In un secondo momento è stato aggiunto un nodo intermedio tra i due dispositivi che ha avuto il compito di Router ed ha aumentato il range di utilizzo facendo rientrare nella rete il nodo che precedentemente si trovava fuori dall’area di copertura. Di fatto è stata configurata una piccola rete Mesh (Fig.5).

Anche in questo caso è stato verificato che l’interruttore è presente virtualmente sul nodo remoto e che il range di copertura è aumentato in maniera conforme alle specifiche tecniche.

In questo specifico caso il Router è stato utilizzato come ripetitore di segnali.

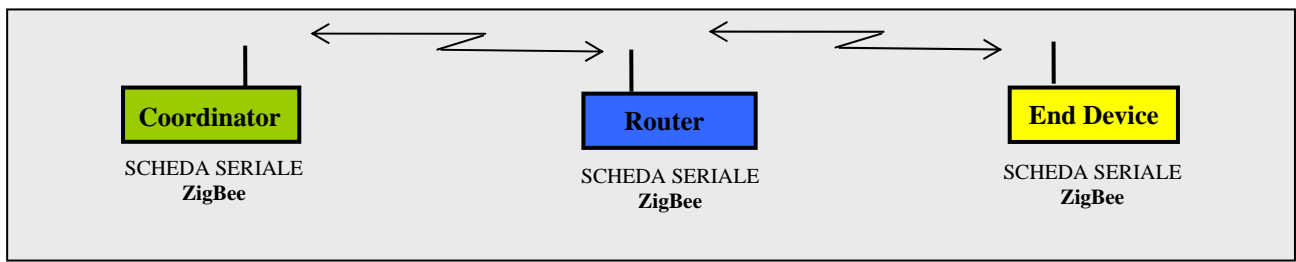


Fig.5 – Schema di valutazione di rete ZigBee Mesh su piccola scala

## **Conclusioni**

la presente relazione è stata effettuata al fine di valutare l’ architettura di reti su piccola scala basate su standard di comunicazione IEEE 802.15.4 (XBee e ZigBee).

Al termine delle prove precedentemente descritte si è potuto stabilire il buon esito delle stesse e si è potuto constatare il comportamento delle reti del tutto conforme alle caratteristiche tecniche fornite dal costruttore.

Mentre nel primo esperimento un collegamento seriale tra PC è stato sostituito dalla comunicazione a radiofrequenza tra sensori XBee, nel secondo test è stata valutata la capacità di reti ZigBee di autoconfigurarsi ad hoc in base alle esigenze ed alle specifiche di rete.