

WPAN Wireless Personal Area Network

Zigbee

- < 10 m in tutte le direzioni
- Basso costo, bassa potenza, corto raggio, piccole dimensioni
- IEEE 802.15 Working Group
 - High Data Rate WPAN (11-55 Mbps)
 - 802.15.3
 - Medium Data Rate WPAN (Bluetooth v 1.2 MAC & PHY)
 - 802.15.1
 - Low Data Rate WPAN (MAC & PHY)
 - 802.15.4
 - Applicazioni industriali, residenziali, mediche.
 - Basso costo, bassi requisiti di qualità del servizio

Zigbee e IEEE 802.15.4

- Zigbee è un protocollo a
 - Basso data rate, basso consumo, basso costo
 - Per applicazioni di automazione o controllo a distanza
 - Promosso dalla Zigbee Alliance (www.zigbee.org)
- Zigbee Alliance e IEEE hanno unito le forze per lo sviluppo del protocollo Zigbee.
 - IEEE 802.15.4: PHY e MAC di Zigbee. Prevede link per connessioni a stella, albero, maglia
- Zigbee 1.0: Dicembre 2004
- Zigbee 2007: Ottobre 2007

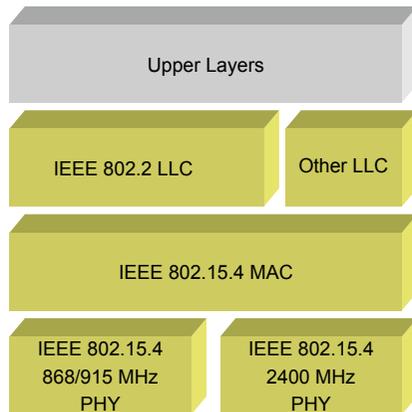
Zigbee

- Raggio 10-75 m
- Datarate:
 - 250 Kbps @ 2.45 GHz
 - 40 Kbps @ 916 MHz
 - 20 kbps @ 868 MHz
- Nodi rete elementare: 254
- Wake up and receive time:
 - 15 ms
- Ridondanza che elimina "Single point of failure"
- Potenza trasmessa > 1 mW

Bluetooth

- Raggio 10 m (1dBm)
- Datarate:
 - 1 Mbps @ 2.45 GHz
- Nodi reti elementari: 8
- Wake up and receive time:
 - 3 s
- Potenza trasmessa 1 mW

Architettura 802.15.4

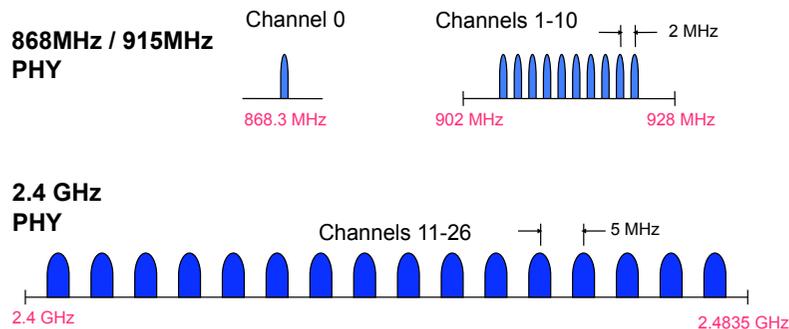


IEEE 802.15.4 (PHY)

- **2 services:**
 - **PHY DATA SERVICES**
 - **PHY Management SERVICES**

| Phy (MHz) | Frequency band (MHz) | Spreading Parameters | | Data Parameters | | |
|-----------|----------------------|----------------------|--------|-----------------|-----------------------|---------------|
| | | Chip rate (kchip/s) | Mod. | Bit rate (kbps) | Symbol Rate (ksymb/s) | Symbols |
| 868/915 | 868-868.6 | 300 | BPSK | 20 | 20 | Binary |
| | 902-928 | 600 | BPSK | 40 | 40 | Binary |
| 2450 | 2400-2483 | 2000 | O-QPSK | 250 | 62.5 | 16-orthogonal |

Canali



- **Sensibilita' del ricevitore (packet error rate < 1%):**
 - -85 dBm @ 2.4 GHz, -92 dBm @ 868 MHz

Modulazione

- **2.4 GHz PHY**
 - 250 kb/s (4 bits/symbol, 62.5 kBaud)
 - Modulazione: 16-ary orthogonal modulation
 - I 16 simboli sono un set (quasi) ortogonale di codici a 32 chip
 - Modulazione CHIP MSK 2.0 Mchips/s
- **868MHz/915MHz PHY**
 - 868 MHz : 20 kb/s (1 bit/symbol, 20 kBaud)
 - 915 MHz : 40 kb/s (1 bit/symbol, 40 kBaud)
- BPSK con encoding differenziale
- Spreading code: sequenza di 15-chip
- Modulazione chip BPSK:
 - 868 MHz Band: 300 kchips/s
 - 915 MHz Band: 600 kchips/s

Primitive PHY

- **PHY Data Service**
 - PD-DATA - exchange data packets between MAC and PHY
- **PHY Management Service**
 - PLME-CCA - clear channel assessment
 - PLME-ED - energy detection
 - PLME-GET / -SET- retrieve/set PHY PIB parameters
 - PLME-TRX-ENABLE - enable/disable transceiver

PPDU

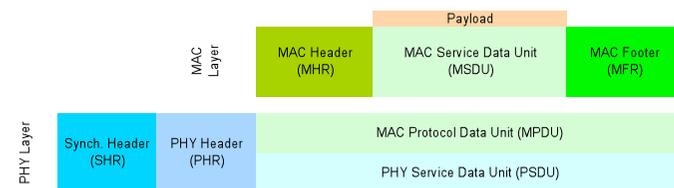
| | | | | |
|-----------|-----|------------------|--------------|-------------|
| Octets: 4 | 1 | 1 | | |
| Preamble | SFD | Frame length (7) | Reserved (1) | PSDU |
| SHR | | PHR | | PHY payload |

- **SHR Synchronization Header**
- **PHR Packet header (lunghezza del payload)**
- **PHY payload**

IEEE 802.15.4 (MAC)

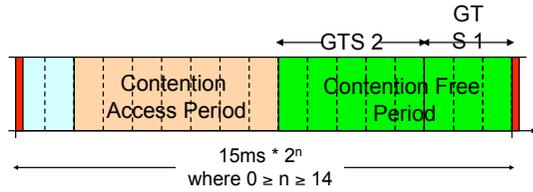
- **MAC data service**
 - Trasmissione e ricezione di MPDU sul PHY data service
- **MAC management service**
 - Accesso al canale
 - Validazione della trama
 - Acknowledgment ricezione della trama
 - Associazione e deassociazione alla rete
 - Gestione dei beacon

Trame MAC



- **4 tipi di trame:**
 - Data Frame
 - Beacon Frame
 - Acknowledgment Frame
 - MAC Command Frame

Superframe con Beacon MAC (opzionale)



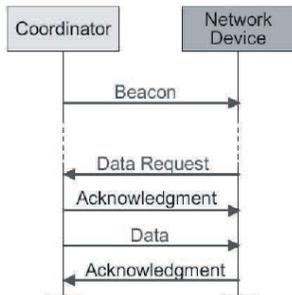
- Network beacon Transmitted by network coordinator. Contains network information, frame structure and notification of pending node messages.
- Space reserved for beacon growth due to pending node messages
- Access by any node using CSMA-CA
- Guaranteed Time Slot Reserved for nodes requiring guaranteed bandwidth [$n = 0$].

Trasmissione dati

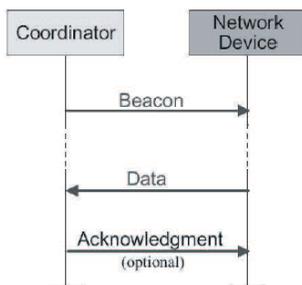
- Senza Beacon
CSMA/CA senza slot (asincrona) con Ack (opzionale)
- Con Beacon
 - CSMA/CA a slot (9 slot nel Contention Access Period)
 - 7 slot garantiti nel CFP (Guaranteed Time Slot) e assegnati dal coordinatore per le applicazioni che hanno bisogno di una banda garantita.
 - Consente risparmio energetico (perche' i dispositivi vanno in stand by tra una supertrama e il beacon della successiva)

Trasmissione dati con beacon

Da Coordinatore a Dispositivo

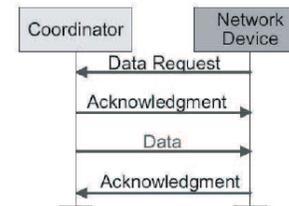


Da Dispositivo a Coordinatore

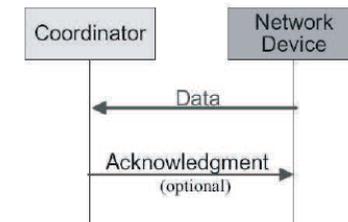


Trasmissione dati senza beacon

Da Coordinatore a Dispositivo



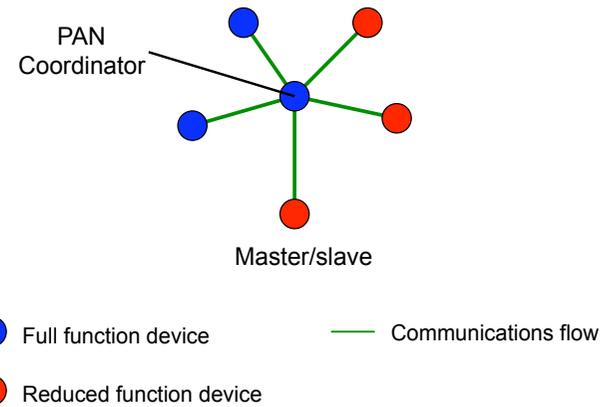
Da Dispositivo a Coordinatore



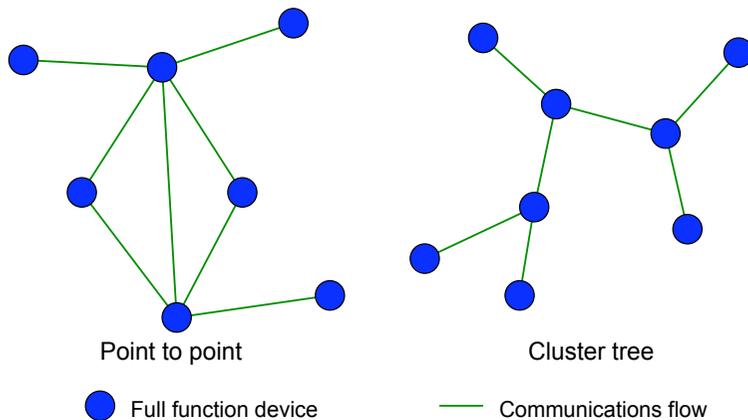
Tipi di dispositivi

- Full Function Device (FFD)
- Reduced Function Device (RFD)
- Istradamento
- Non istrada i pacchetti
- Puo' comunicare con altri FFD o RFD
- Puo' comunicare solo con un FFD
- Puo' fare da coordinatore di PAN
- Svolge funzioni molto semplici

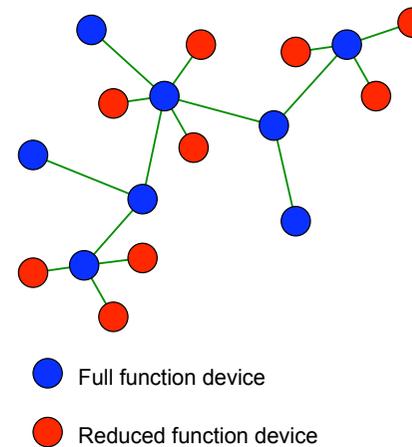
(MAC) Topologia a stella



(MAC) Topologia peer to peer



(MAC) Topologia Mista

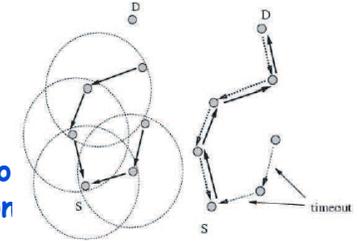


(MAC) Costruzione della PAN

- **Associazione**
 - I dispositivi periodicamente scandiscono i canali per trovare PAN in zona.
 - L'applicazione sceglie se associarsi ad una PAN
- **De-associazione**
 - Il coordinatore rilascia un dispositivo dalla PAN inviando una notifica di de-associazione.
 - Il dispositivo puo' chiedere di deassociarsi inviando un comando di notifica al coordinatore.
 - Dopo la de-associazione coordinatore e dispositivo rimuovo ogni riferimento all'altro
- **NOTA:** Piu' PAN possono coesistere sullo stesso canale.

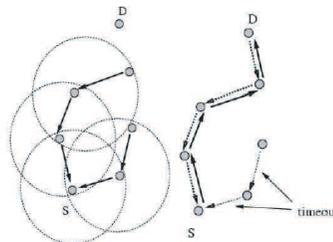
Routing Layer - Zigbee (1)

- Due strategie di istradamento gerarchiche di pubblico dominio
- 1) **AODV: Ad-hoc On-demand Distance Vector**
- Definisce il percorso di un messaggio da mittente a destinatario. I nodi sul percorso attivo mantengono le informazioni di routing.
- Se il mittente non conosce un percorso per arrivare al destinatario invia un pacchetto di scoperta (RREQ) con argomento src addr, dst addr, hop count



Routing Layer - Zigbee (1)

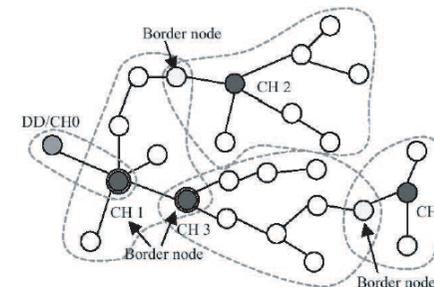
- I nodi che ricevono RREQ e non sono il destinatario inviano un nuovo RREQ incrementando hop count. Ricordano da chi hanno ricevuto RREQ e hopcount
- Quando RREQ arriva al destinatario, il destinatario invia un comando di risposta RREP al mittente dell'RREQ ricevuto.
- Ogni nodo che riceve RREP lo invia al mittente dell' RREQ e memorizza il percorso nella propria tabella di routing (src,dst,hop count, next hop)



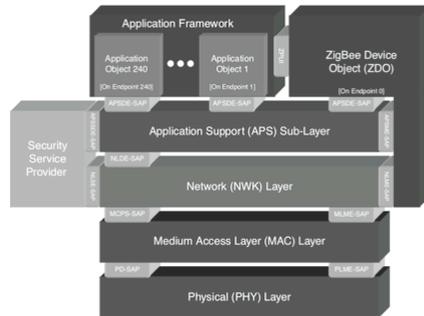
Routing layer Zigbee (2)

2) Cluster tree algorithm

- I nodi si organizzano in cluster in modo autonomo
- I cluster auto sviluppati e si mettono in collegamento tramite "Dispositivi Designati" (DD)



Architettura Zigbee



Indirizzi Zigbee

- L'indirizzo di ogni applicazione in un nodo e' un Endpoint (1-240).
- L'endpoint consente a piu' applicazioni di esistere nello stesso nodo, e a piu' dispositivi (sensori/attuatori) di esistere sullo stesso nodo.
- Profili di applicazione (16bit): raggruppano e definiscono un insieme di applicazioni e di dispositivi
 - Home Automation
 - Industrial Plant Monitoring
 - Personal Home and Hospital Care, etc.
- Device ID (identifica il tipo di dispositivo)

Tipi di Nodi Zigbee

- **Zigbee Coordinator**
 - Forma la rete,
 - istrada i pacchetti,
 - E' un security trust center
 - Consente ai nodi di unirsi alla rete
- **Zigbee Router**
 - Si unisce alla rete, istrada I pacchetti, consente ad altri nodi di unirsi alla rete
- **Zigbee End Device**
 - Si unisce alla rete, funziona a batteria, va in sleep mode,
 - Ha il codice piu' piccolo

APS Application Support Sublayer

- Filtra I pacchetti per end-point non registrati per l'applicazione
- Genera end-to-end ack
- Mantiene le tabelle locali dei
 - Binding (connessioni unidirezionali tra endpoint di nodi diversi)
 - Gruppi
 - Indirizzi
- Sicurezza AES 128 bit
 - Chiave di 128 bit condivisa all'interno della PAN
 - Il payload dello strato di rete e' cifrato
 - Ogni trama viene autenticata

Servizi ZDO e ZCL

- **Zigbee Device Object**
 - E' l'applicazione che gira sull'endpoint 0 di ciascun nodo
 - Fa manutenzione della rete zigbee
- **Zigbee Cluster Library**
 - E' una libreria di funzioni con cui costruire applicazioni Zigbee
 - E' organizzata in domini funzionali (condizionamento, interruttori, illuminazione)
 - Le funzioni sono utilizzate per la definizione dei domini di applicazione

Produttori radio Zigbee/802.15.4

- Atmel
 - Ember
 - Freescale
 - Integration Associates
 - Jennic
 - Microchip
 - NEC
 - Oki
 - Radio pulse
 - Renesas
 - ST
 - TI
- **Radio + MCU + Zigbee Stack = Zigbee Platform**
 - **2 soluzioni:**
 - **Radio + MCU integrate su singolo package (SOP)**
 - **Modulo con Radio + MCU connesse con SPI**