

IEEE 802.15 - WPAN

Ing. Daniele Tarchi

Università degli Studi di Firenze



IEEE 802.15

- Task group 1 (WPAN/Bluetooth)
 - IEEE 802.15.1-2002 si occupa di sviluppare uno standard per Wireless Personal Area Network basato sul Bluetooth v1.1. Include le specifiche del livello MAC e fisico. Una versione aggiornata, IEEE 802.15.1-2005, è stata pubblicata.
- Task group 2 (Coesistenza)
 - IEEE 802.15.2-2003 si occupa di risolvere i problemi di coesistenza di wireless personal area networks (WPAN) con altri dispositivi wireless che occupano le bande non licenziate come le WLAN.

IEEE 802.15

- Task group 3 (High Rate WPAN)
 - 3 (High Rate WPAN)
 - IEEE 802.15.3-2003 è lo standard MAC e fisico per le WPAN ad alto rate (11 to 55 Mb/s).
 - 3a (WPAN High Rate Alternative PHY)
 - IEEE 802.15.3a è stato un tentativo di migliorare il livello fisico di IEEE 802.15.3 utilizzando le comunicazioni Ultra-wide band per applicazioni multimediali.
 - Il risultato più importante di IEEE 802.15.3a è stato di riunire 23 proposte originali in 2 proposte:
 - Multi-Band Orthogonal Frequency Division Multiplexing (MB-OFDM) UWB, WiMedia Alliance
 - Direct Sequence - UWB (DS-UWB), UWB Forum.
 - Nel Gennaio 2006 i membri di IEEE 802.15.3a hanno deciso di sospendere i lavori a causa dello stallo nella decisione finale fra le due proposte. I due consorzi inizieranno comunque a sviluppare prodotti commerciali, e, nel caso siano di successo, di tornare sui passi e sviluppare uno standard.
 - 3b (MAC Amendment)
 - IEEE 802.15.3b sta lavorando su alcuni miglioramenti a 802.15.3 per migliorare l'implementazione l'interoperabilità a livello MAC.
 - 3c (WPAN Millimeter Wave Alternative PHY)
 - IEEE 802.15.3c è stato formato nel marzo 2005 con l'intento di sviluppare un livello fisico alternativo con onde millimetriche.
 - Il sistema mmWave WPAN opererà in una banda non licenziata nell'intervallo 57-64 GHz, permettendo la coesistenza con gli altri sistemi 802.15.
 - L'obiettivo è di raggiungere data rate molto alti, oltre i 2 Gbit/s per applicazioni multimediali a larga banda come video on demand, HDTV, home theater, real time streaming e connessioni wireless.

IEEE 802.15

- Task group 4 (Low Rate WPAN)
 - 4 (Low Rate WPAN)
 - IEEE 802.15.4-2003 si occupa di comunicazioni a basso rate ma con durata delle batterie molto lunga (mesi o anni) e complessità molto ridotta. La prima versione dello standard è stata rilasciata nel 2003. Dal 2004 è stato congelato e rimpiazzato dal Task Group 4b.
 - Il sistema ZigBee si basa sulle specifiche dell'IEEE 802.15.4.
 - 4a (WPAN Low Rate Alternative PHY)
 - Ha come obiettivo quello di permettere oltre alla comunicazione una localizzazione molto precisa (meno di 1 metro)
 - Nel marzo 2005, IEEE802.15.4a ha rilasciato le prime specifiche con due possibili livelli fisici basati su UWB Impulse Radio (operante sulle frequenze UWB) e su Chirp Spread Spectrum (operante nella banda di 2.4GHz). UWB Impulse Radio permette di avere una maggior precisione.
 - 4b (Revisions and Enhancements)
 - La versione IEEE 802.15.4b è di fatto un miglioramento di IEEE 802.15.4-2003 per risolvere ambiguità, ridurre la complessità e aumentare la flessibilità. IEEE 802.15.4b è stata approvata nel Giugno 2006.
- Task group 5 (Mesh Networking)
 - Configurazioni mesh per WPAN

Bluetooth: motivazioni

- Tecnologia nata per ovviare ai problemi di mancanza di compatibilità fra periferiche digitali
- 1998: consorzio Bluetooth (soprannome di un re danese del X secolo) con Ericsson, Nokia, IBM, Toshiba, Intel
- 1999: prima specifica su Bluetooth, per interconnessione di palmari, portatili e cellulari entro 10m
- Supera il problema del "Line of Sight" dei link IrDA
- Supporta anche comunicazioni punto-multipunto

Università degli Studi di Firenze



IEEE 802.15.1 - Bluetooth

- Specifications and Features
 - Le specifiche Bluetooth sono state per prime sviluppate nel 1994 alla Ericsson, e formalmente annunciate nel Maggio 1998 dal Bluetooth Special Interest Group (SIG), originariamente stabilito da Ericsson, Sony, IBM, Intel, Toshiba e Nokia.
- Bluetooth 1.0 and 1.0B
 - Queste versioni hanno avuto molti problemi soprattutto nell'interoperabilità fra dispositivi di diversi costruttori.
- Bluetooth 1.1
 - Corretti gli errori principali di 1.0B
 - Supporto per canali non criptati
- Bluetooth 1.2
 - Questa versione è retrocompatibile con la 1.1 a cui aggiunge i seguenti miglioramenti:
 - Selezione adattativa della sottobanda, in modo da diminuire le interferenze in zone sovraffollate
 - Velocità di trasmissione più elevata
 - extended Synchronous Connections (eSCO), che migliora la qualità dei collegamenti voce
- Bluetooth 2.0
 - Il maggior miglioramento è l'introduzione dell'Enhanced Data Rate (EDR) a 2.1 Mbit/s, pur rimanendo retrocompatibile con le versioni 1.x. L'effetto sui dispositivi è il seguente:
 - Trasmissioni da 3 a 10 volte più veloci
 - Copertura a 100 metri
 - Minor consumo energetico
 - Semplificazione degli scenari multi-link a causa di una maggior banda
 - Miglioramenti in termini di tasso d'errore

Bluetooth

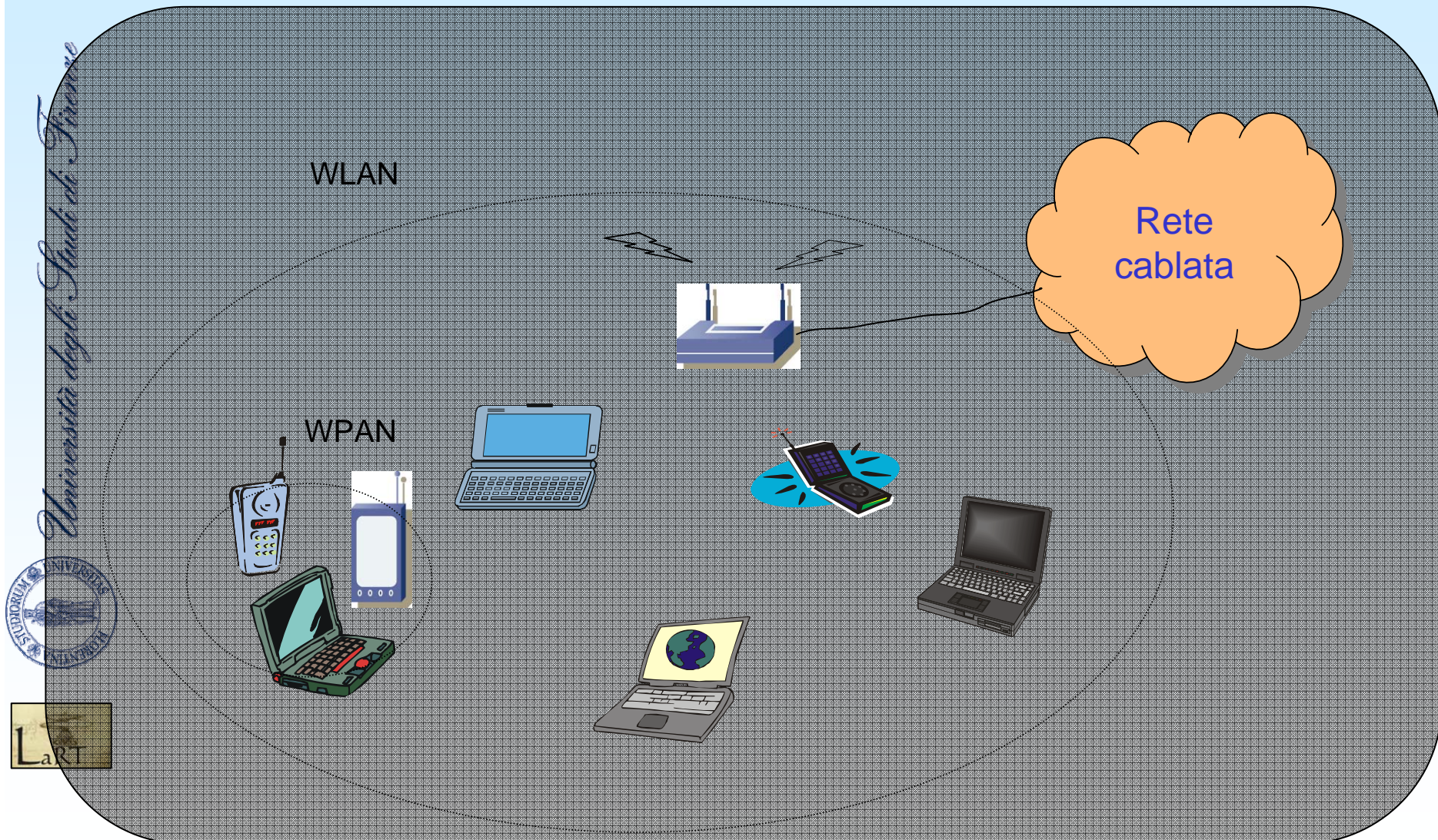
- Bluetooth è uno standard radio principalmente progettato per bassi consumi con corto raggio di copertura e trnsceiver a basso costo.
- Bluetooth permette a tali dispositivi di colloquiare fra loro quando uno entra nel range dell'altro.
- Sono definite 3 classi di potenza.

Class	Power (mW)	Power (dBm)	Range
Class 1	100 mW	20 dBm	~100 meters
Class 2	2.5 mW	4 dBm	~10 meters
Class 3	1 mW	0 dBm	~10cm (1 meter max)

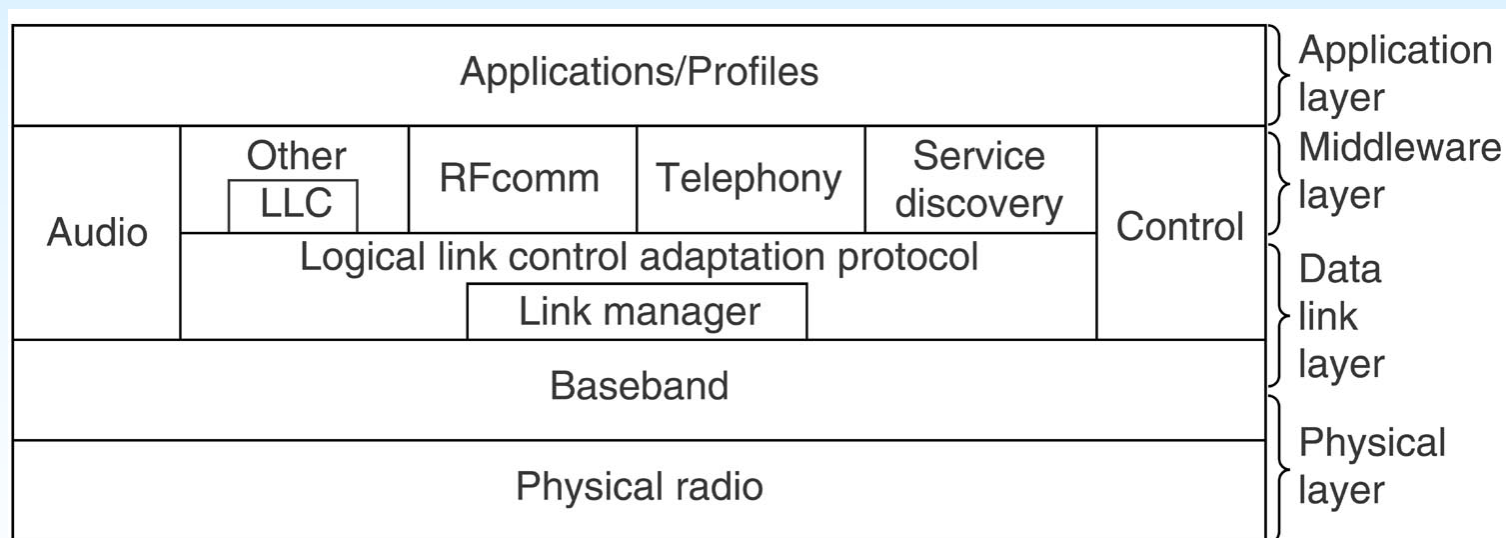
Bluetooth: specifiche

- Frequenza di lavoro: 2.4 Ghz, max 721 Kbit/s x dati + 3 canali voce
- Usa FH-SS con 79 frequenze spaziate di 1 Mhz da 2.402 a 2.480 Ghz, ogni 625 μ s cambia portante (Time Division Duplexing), ciò per ridurre interferenze con WLAN, ecc
- Ptx=1 mW o 100 mW
- Usa modulazione Gaussian Frequency Shift Keying - GFSK

Bluetooth e WPAN



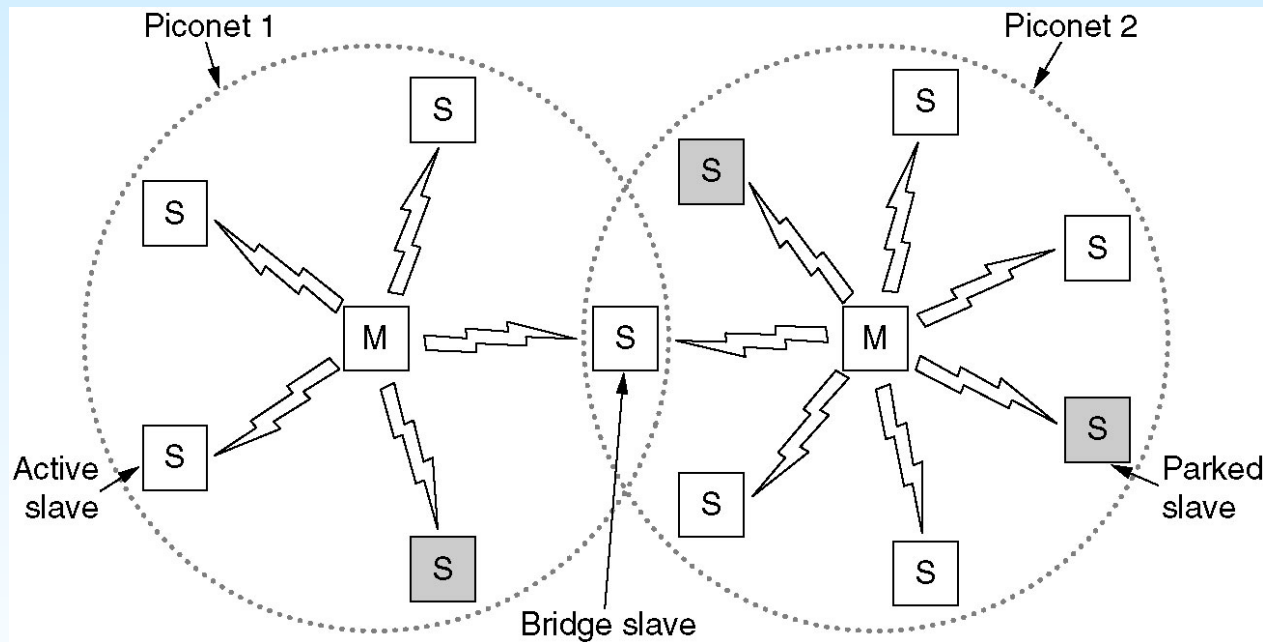
Bluetooth architettura



Scatternet e Piconet

- Piconet: suddivisa in un Master e in vari Slave
 - 3 bit di indirizzo per gli Slave, meno indirizzi di broadcast: max 7 Slave per Piconet
- Ogni piconet trasmette su un diverso canale FH, con capacità complessiva di 1 Mbit/s
- Piconet diverse hanno portanti ortogonali, dunque non interferiscono fra loro, almeno con meno di 12 piconet per area
- Accesso basato su Polling: il Master decide chi deve parlare fra gli Slave
- Ogni device Bluetooth cerca altri Slave nei paraggi
- In genere chi chiama diventa Master, ma i ruoli possono poi invertirsi
- Più Piconet colloquiano attraverso una Inter-Piconet Unit (IPU), che fa da gateway, crea una Scatternet

L'architettura Bluetooth



- Due piconet possono essere unite per formare una scatternet.

Funzionamento - Comunicazione e connessione

- Un dispositivo Bluetooth che funge da master può comunicare con altri 7 dispositivi che fungono da slave. Questo gruppo di 8 dispositivi è chiamato piconet. Una piconet è sostanzialmente una rete autonoma che usa la tecnologia Bluetooth per permettere ad una stazione master di mettere in comunicazione altre 7 stazioni slave. E' possibile comunque avere fino a 255 ulteriori dispositivi che però devono essere inattivi, e riattivati in un qualunque momento dalla stazione master.
- In ogni momento i dati possono essere trasferiti fra la master e uno slave; gli altri slave sono via via interrogati in polling con un round-robin. In ogni momento ogni dispositivo può switchare da master a slave e viceversa.
- Le specifiche Bluetooth permettono di connettere 2 o più piconet per formare una scatternet con uno o più dispositivi che funzionano da master in una piconet e slave nell'altra. Tale funzionalità, benché prevista nello standard, non è ancora possibile in pratica. Si prevede l'introduzione di tali dispositivi dal 2007.

Funzionamento - Inizializzazione

- Un dispositivo Bluetooth può sempre trasmettere le seguenti informazioni:
 - Device Name
 - Device Class
 - Lista di servizi
 - Informazioni tecniche, come funzionalità, costruttore, specifiche Bluetooth, ecc
- Qualunque dispositivo può inviare una richiesta per cercare altri dispositivi in visibilità a cui connettersi a qualunque dispositivo può essere configurato se rispondere o meno a queste richieste. Se il dispositivo richiedente conosce già l'indirizzo dell'altro questo risponderà immediatamente inviando le informazioni sopra.
- Ogni dispositivo ha un indirizzo unico a 48-bit. Spesso però questi sono sostituiti da nomi assegnati dagli utenti, e saranno questi ad apparire quando si fa la scansione dello spettro.
- Per esempio molti cellulari hanno già preimpostato marca e modello come nome.

Pairing e Interfaccia radio

- Pairing
 - Coppie di dispositivi possono stabilire una connessione sicura conoscendo un segreto comune, noto come "passkey". Un dispositivo che vuole comunicare solo con un altro dispositivo sicuro può crittografare l'identità dell'altro. Tali coppie di dispositivi possono crittografare anche le informazioni scambiate. I dispositivi generalmente richiedono il pairing; in alternativa sui dispositivi sarà inizializzata la passkey.
- Interfaccia radio
 - Il protocollo opera sulla banda ISM dei 2.45 GHz. Per minimizzare l'interferenza con altri sistemi la banda è divisa in 79 sottocanali (ognuno da 1 MHz) che vengono cambiati fino a 1600 volte al secondo. Le versioni 1.1 e 1.2 raggiungono la velocità di 723.1 kbit/s. La versione 2.0 può raggiungere 2.1 Mbit/s. tecnicamente la versione 2.0 ha un consumo di potenza maggiore, ma essendo il tempo di trasmissione ridotto di circa un terzo, anche il consumo di potenza risulta circa dimezzato.

Ultra wideband

- Con il termine ultra wideband (banda ultra larga) (UWB, anche ultra-wide-band, ultra-wide band, ecc.) si indica una tecnologia sviluppata per trasmettere e ricevere segnali mediante l'utilizzo di impulsi di energia in radiofrequenza di durata estremamente ridotta (da poche decine di picosecondi a qualche nanosecondo). Questi impulsi sono rappresentati da pochi cicli d'onda di una portante in radiofrequenza e quindi la forma d'onda risultante è estremamente larga (da qui il nome).
- La brevità dell'impulso rende l'UWB poco sensibile alle interferenze dovute alla riflessione dell'onda stessa.
- La larghezza della banda fa sì che la densità di energia sia molto bassa, questa caratteristica rende le comunicazioni difficilmente intercettabili perché il segnale ha un'intensità simile al rumore di fondo, inoltre non interferisce con le applicazioni già esistenti e permette di realizzare dispositivi con un consumo energetico ridotto.

WiMedia Alliance



- The WiMedia Alliance è un'associazione no-profit fra industrie che promuove lo sviluppo e l'utilizzo di dispositivi UWB.
- WiMedia Alliance sviluppa, mantiene e migliora le specifiche incluso:
 - PHY e MAC
 - Architetture convergenti con supporto a applicazioni eterogenee (Wireless USB, Wireless 1394, bluetooth, IP, ecc.)
- WiMedia Alliance e MultiBand OFDM Alliance si sono fuse in WiMedia Alliance nel 2005.
- WiMedia UWB è la base per il primo standard UWB. La WiMedia Ultra-Wideband (UWB) Common Radio Platform incorpora le specifiche di livello MAC e fisico basate sul Multiband Orthogonal Frequency Division Multiplexing (MB-OFDM). La soluzione permette di raggiungere i 480 Mbit/s e oltre con bassi consumi operando nella banda da 3.1 a 10.6 GHz.
- I profili UWB permettono di avere diversi data rate: 53.3, 55, 80, 106.67, 110, 160, 200, 320, e 480 Mb/s.
- La piattaforma WiMedia UWB è ottimizzata per cooperare con simili sistemi come Bluetooth 3.0, Wireless USB, Wireless FireWire e Wireless TCP/IP - UPnP (WiNet).

UWB Forum



- UWB Forum è un'altra organizzazione fra industri che si assicura l'interoperabilità fra dispositivi UWB.
- Questo sistema permetterà di raggiungere bit rate di 28, 55, 110, 220, 500, 660, 1000 and 1320 Mbit/s.

ZigBee



- ZigBee è il nome di una specifica per un insieme di protocolli che usano radio basate su IEEE 802.15.4. La relazione fra IEEE 802.15.4-2003 e ZigBee è simile a quella che c'è fra IEEE 802.11 e la Wi-Fi Alliance.
- Le specifiche ZigBee 1.0 sono state ratificate nel 2004 e sono disponibili ai membri della ZigBee Alliance.
- ZigBee opera sulle bande ISM a 868 MHz in Europa, 915 MHz negli USA e 2.4 GHz in generale nel mondo.
- La tecnologia è pensata per essere semplice e poco costosa rispetto al Bluetooth. Si pensi che si dovrebbero sviluppare nodi ZigBee con un codice oscillante fra il 10% e il 2% di quello presente in un dispositivo Bluetooth, anche se attualmente siamo solo a circa il 50%.
- Il costo dell'interfaccia radio ZigBee è circa \$1.10 mentre per il Bluetooth si aggira sui \$3.

ZigBee

- Utilizzo
 - I protocolli ZigBee sono pensati soprattutto per l'uso in applicazioni che richiedono bassi data rate e basso consumo energetico. In tal senso ZigBee vuole essere la tecnologia general-purpose, economica, auto-organizzante per reti mesh che può essere usata in generale nella sensoristica, sia industriale che ambientale, nella prevenzione e nel monitoraggio di parametri, così come nella domotica.
 - La rete risultante consumerà poca potenza in modo tale che ogni nodo può rimanere in vita per l'arco degli anni.
- Tipi di dispositivo
 - Nelle reti ZigBee si individuano tre tipi di dispositivi:
 - ZigBee coordinator (ZC): il dispositivo più complesso, che sta alla radice dell'albero e può collegare più reti fra loro. Ne esiste uno per rete. Tiene in memoria le informazioni della rete, comprese le chiavi di sicurezza.
 - ZigBee Router (ZR): Sono semplicemente nodi che inoltrano dati.
 - ZigBee End Device (ZED): hanno solo le funzioni per parlare ai nodi vicini; non possono cioè inoltrare informazione da un nodo all'altro.

ZigBee - Specifiche tecniche

Università degli Studi di Firenze



- I protocolli si basano su di una recente ricerca nel campo degli algoritmi che puntano a costruire delle reti ad-hoc di nodi a bassa velocità. Nella reti più grandi la rete reale sarà formata da cluster di cluster, ma si potranno anche formare reti Mesh o cluster singoli. I profili correnti derivati dai protocolli ZigBee supportano reti beacon enabled che reti non-beacon enabled.
- Nelle reti non-beacon enabled (quelle il cui beacon order è 15), viene utilizzato un meccanismo di accesso al canale di tipo CSMA/CA. In questo tipo di reti gli ZigBee Router solitamente hanno i loro ricevitori continuamente attivi, richiedendo una più consistente fornitura di energia. Questo permette delle reti miste dove alcuni dispositivi sono costantemente pronti a ricevere, mentre altri si limitano a trasmettere in presenza di uno stimolo esterno. L'esempio tipico di una rete di questo tipo è dato dagli interruttori wireless: il nodo ZigBee nella lampada può essere costantemente in ricezione, avendo la possibilità della connessione diretta alla rete elettrica, mentre l'interruttore (al pari di un telecomando) alimentato a batteria può rimanere inattivo fino alla necessità di mandare un segnale. A quel punto si attiva, invia il comando, riceve un segnale di acknowledge, e ritorna inattivo. In questo esempio la lampada sarà un ZR, se non un ZC, mentre l'interruttore sarà uno ZED.
- Nelle reti beacon enabled, gli ZigBee Routers trasmettono beacon periodici per confermare la loro presenza agli altri nodi. Nel tempo fra due beacon i nodi si dicono in sleep. Il Beacon interval può variare da 15.36 ms a $15.36 \text{ ms} * 214 = 251.65824 \text{ s}$ a 250 kbit/s, da 24 ms a $24 \text{ ms} * 214 = 393.216 \text{ s}$ a 40 kbit/s e da 48 ms a $48 \text{ ms} * 214 = 786.432 \text{ s}$ a 20 kbit/s.
- In generale i protocolli ZigBee minimizzano il tempo in cui la radio è accesa per minimizzare il consumo di potenza.
- Il bit rate è 250 kbit/s per canale nella banda dei 2.4 GHz, 40 kbit/s per canale nella banda dei 915 MHz band, e 20 kbit/s nella banda dei 868 MHz. La copertura è fra 10 e 75 m. La massima potenza in trasmissione è 1 mW.