

Tecnologie Radio applicate alle reti di sensori

Giornata di Studio sulle Reti di Sensori Wireless

FUB - 6 Marzo 2008

Ing. Massimo Celidonio
Fondazione Ugo Bordoni

Uno degli aspetti fondamentali da prendere in esame nella realizzazione di una rete di sensori riguarda l'utilizzo delle tecnologie di comunicazione tra i singoli nodi.

Perché le tecnologie di comunicazione radio?

- **Flessibilità**
- **Facilità di implementazione**
- **Applicazioni in mobilità**

Nella presente analisi verranno illustrate solo le tecnologie radio più comunemente utilizzate, non essendo possibile, a causa della vastità delle applicazioni esistenti, fornire una panoramica completa.

Quali tecnologie radio?

- RFID,
- Bluetooth,
- Zigbee,
- Ultra Wide Band,
- Wireless LAN

Inoltre, visto l'interesse suscitato negli ultimi tempi, si farà un accenno anche al WiMax e alle tecnologie di 3G, per tutte quelle applicazioni rivolte al Broadband Wireless Access con reti aventi un'estensione di qualche chilometro (MAN –Metropolitan Area Network) ma anche in grado di raggiungere una copertura nazionale.

Una prima osservazione

Un certo numero delle tecnologie menzionate, utilizzano, per la comunicazione, bande di frequenza condivise (bande ISM, U-NII ecc..) risultando quindi soggette, oltre che ai fenomeni di attenuazione legati alle caratteristiche naturali di propagazione (fading da cammini multipli, assorbimento, ecc..), anche alle possibili interferenze derivanti da altri utilizzatori che stanno operando nelle vicinanze nelle stesse frequenze “non protette”.

RFID (Radio Frequency Identification)

L'RFID è una tecnologia che può essere impiegata per realizzare una classe di sensori wireless per il cui funzionamento non è necessaria alcuna alimentazione elettrica.

Si tratta infatti di elementi passivi (etichette o TAG) che opportunamente eccitati da un agente esterno, restituiscono uno specifico segnale digitale.

La maggior parte delle etichette RFID sono circuiti integrati (IC), dispositivi microelettronici a semiconduttore con un gran numero transistor e altri componenti elettrici ed elettronici interconnessi tra loro.

Viene comunemente utilizzata per monitorare mezzi e oggetti in movimento e per l'etichettatura delle merci.

Attualmente il TAG RFID può contenere 96 bit di informazione, anche se soluzioni più recenti permettono di raggiungere i 128 ed anche i 256 bit.

Zigbee

La tecnologia ZigBee rappresenta un protocollo per reti wireless indirizzata per applicazioni d'automazione e controllo remoto.



Non si è certi sull'origine di questo nome, ma sembra che gli sia stato assegnato da un ricercatore della Motorola paragonando il suo funzionamento con il movimento a zig zag compiuto dalle api ("bee" in inglese) che passando di fiore in fiore trasmettono alle altre api l'informazione su dove trovare cibo...

Zigbee

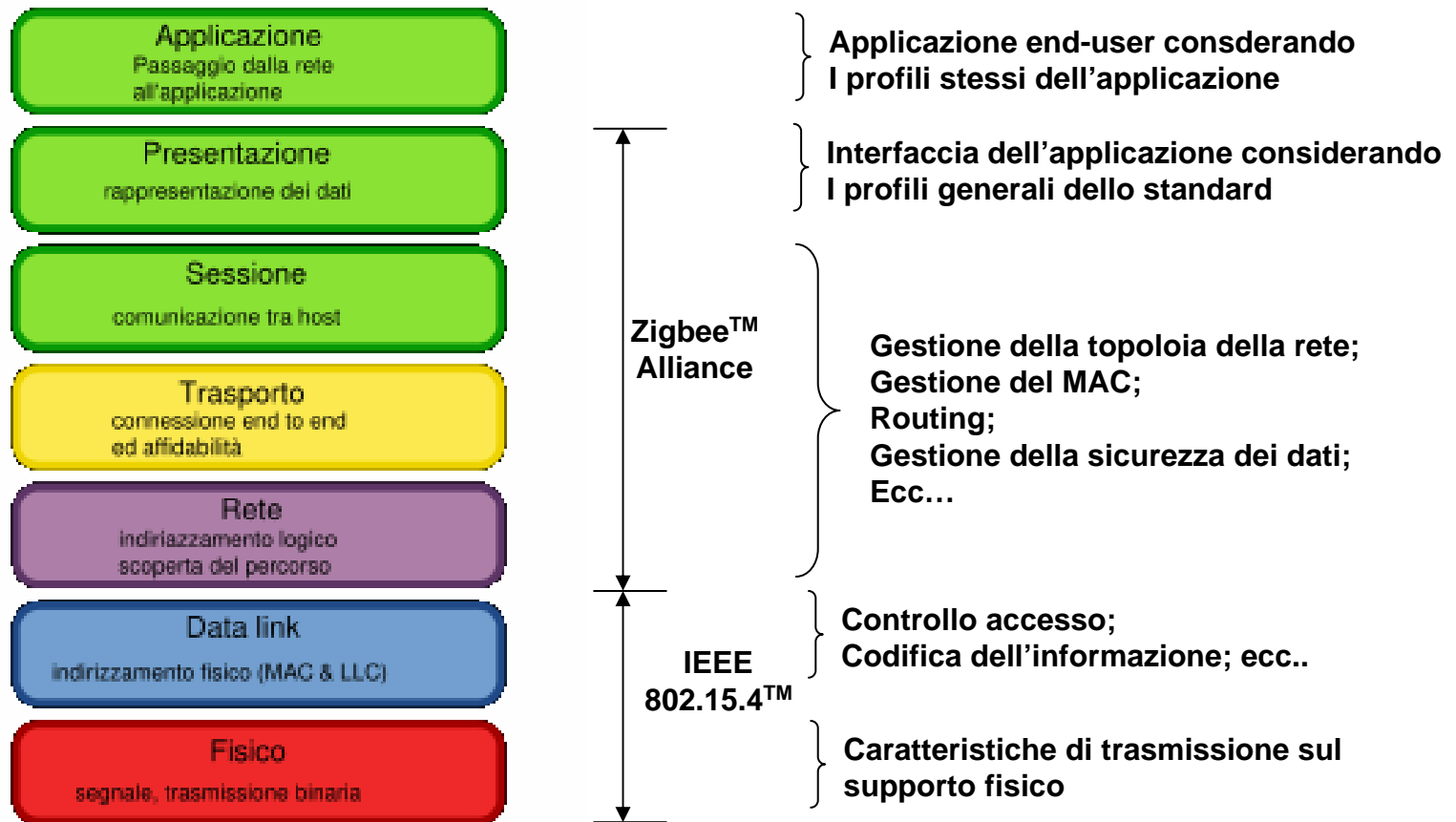
Fa riferimento ad un insieme di protocolli di comunicazione ad alto livello sviluppati con l'obiettivo di utilizzare bassa potenza, basato sullo standard IEEE 802.15.4 che è rivolto a wireless personal area networks (WPANs).

Come per le altre tecnologie di comunicazione anche in questo caso è stata definita una Zigbee Alliance che è un'associazione di società nel settore dell'ICT che si propone di favorire lo sviluppo e la diffusione di questa tecnologia a livello mondiale.

La specifica ZigBee 1.0 è stata approvata il 14 dicembre 2004.

Breve panoramica sulle tecnologie

Zigbee



Zigbee

I protocolli ZigBee sono progettati per l'uso in applicazioni *embedded* che richiedano un basso transfer rate e bassi consumi.

L'obiettivo di ZigBee è di definire una Wireless mesh network economica e autogestita che possa essere utilizzata per scopi quali il controllo industriale, le reti di sensori, la domotica, ecc.

La rete risultante avrà un consumo energetico talmente basso da poter funzionare per uno o due anni sfruttando la batteria incorporata nei singoli nodi.

Zigbee

ZigBee opera nelle frequenze radio assegnate per scopi industriali, scientifici e medici (ISM) ed in particolare nella 2,4 GHz. Per alcune applicazioni vengono utilizzate anche la 868 MHz in Europa e la 915 MHz negli Stati Uniti.

Impiega una tecnica di trasmissione “spread spectrum” DSSS, con topologie di rete a stella o punto-punto (fino a 255 nodi) e metodo di accesso CSMA-CA.

Questa tecnologia intende essere più semplice e più economica di altre WPAN come, ad esempio, Bluetooth. Infatti il nodo ZigBee, del tipo più complesso, potrebbe richiedere solamente il 10% del codice necessario per un tipico nodo Bluetooth o Wi-Fi. Il nodo più semplice dovrebbe richiederne soltanto il 2%.

Tuttavia, attualmente la dimensione del codice risulta essere più alta e si aggira intorno al 50% del codice necessario per Bluetooth.

Zigbee

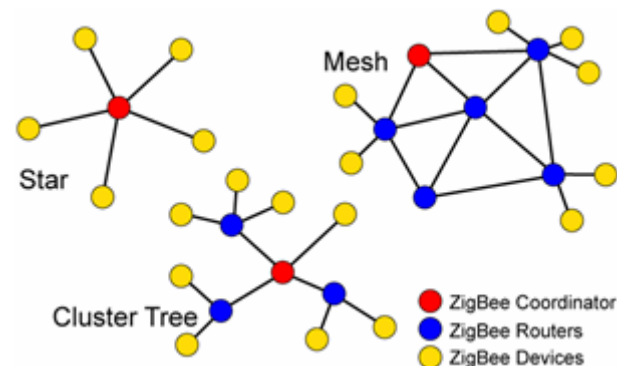
Le velocità di comunicazione possono variare da 20 a 250 Kbps

Gli elementi che normalmente costituiscono una rete basata su ZigBee sono:

il **ZigBee Coordinator (ZC)**: è il dispositivo più "intelligente", costituisce la radice di una rete ZigBee e può operare da ponte tra più reti. E' in grado di memorizzare informazioni riguardo alla sua rete e può custodire le chiavi di sicurezza;

gli **ZigBee Router (ZR)**: questi dispositivi agiscono come router intermedi passando i dati da e verso altri dispositivi;

gli **ZigBee End Device (ZED)**: svolgono funzionalità minime; dialogano solo con il suo nodo parente (Coordinator o Router), non possono trasmettere dati provenienti da altri dispositivi; sono i nodi che richiedono il minor quantitativo di memoria e quindi risultano spesso più economici rispetto ai ZR o ai ZC.



Zigbee

Nel 2005 il costo stimato per il ricetrasmettitore di un nodo ZigBee era di circa \$1.10.

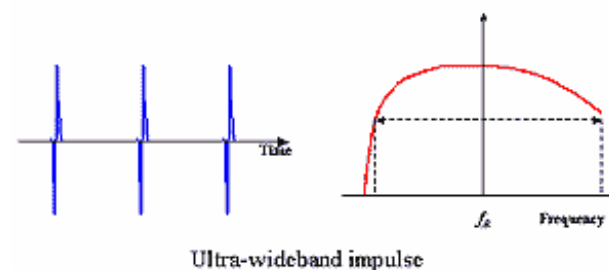
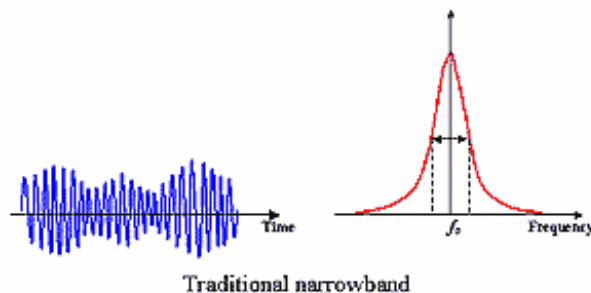
La maggior parte dei dispositivi ZigBee richiedono però anche un microcontrollore e questo determina un aumento del costo unitario.

ZigBee Alliance sta attualmente lavorando sulla versione 1.1. che mira ad avvantaggiarsi dei miglioramenti riportati nella specifica 802.15.4b, anche con l'intenzione di fornire caratteristiche di maggiore flessibilità nella scelta dei metodi di autenticazione e di criptazione.

UWB (*Ultra Wide Band*)

Con il termine ultra wideband (UWB) 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 a radiofrequenza e quindi la banda del segnale risultante, nel dominio della frequenza, risulta essere particolarmente larga.



UWB (*Ultra Wide Band*)

La brevità dell'impulso rende l'UWB poco sensibile alle interferenze dovute alla riflessione dell'onda stessa.

La notevole larghezza della banda molto 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.

Non interferisce con le applicazioni già esistenti e permette di realizzare dispositivi con un consumo energetico ridotto.

L'ultra wide band è un protocollo di trasmissione wireless dei dati, che permette di raggiungere una banda dell'ordine di gigabit/secondo attraverso emissioni alla frequenza di 4 gigaHertz con una potenza elettrica in antenna di decimi di watt.

UWB (*Ultra Wide Band*)

Nell'ambito dell'IEEE 802.15 sono stati avviati due progetti per standardizzare l'UWB: il Task Group 3a (**TG3a**) per applicazioni ad **alta velocità** e con **elevato duty cycle**, e il Task Group 4a (**TG4a**) per applicazioni a **bassa potenza** e con **basso duty cycle**.

Tuttavia, il TG3a, a causa di disaccordi tra sostenitori della tecnologia **Direct Sequence UWB** ed i sostenitori della **Multi-band OFDM UWB**, fu sciolto. Nonostante ciò, dai fautori del Multi-band OFDM UWB, è nato lo standard WiMedia UWB Common Radio Platform (data rate fino a 480 Mbps, nella banda 3.1-10.6 GHz) ;

La soluzione Direct Sequence UWB (data rate fino a 1320 Mbps, nelle bande 3.1-4.85GHz e 6.2-9.76 GHz) è stata inserita nel progetto di standard IEEE 802.15.4a, promosso dalla Zigbee Alliance.

Bluetooth

L'origine del nome di questa nuova tecnologia va ricercato invece tra i miti e le leggende nordiche: Harald Bluetooth, o "Blåtand" in scandinavo, è il nome di un re vichingo vissuto in Danimarca dal 910 al 940 d.C. che ebbe il merito di portare la Cristianità in Scandinavia e unificare le regioni norvegesi a quelle danesi.

Per rendergli onore, la compagnia svedese Ericsson, che diede maggiore impulso nello sviluppo di questa tecnologia, decise di intitolargli il nome.



Bluetooth

Bluetooth è una specifica per comunicazioni radio a corto raggio il cui protocollo di trasmissione è stato inizialmente progettato per funzionare su un campo ristretto di applicazioni (sincronizzazione, cuffie senza fili, mouse e tastiere senza fili, ecc..).

La specifica divenne uno standard *de facto* e venne inserita nell'ambito dell'**IEEE 802.15.1** che aveva lo scopo di definire uno standard internazionale per le wireless Personal Area Network (wireless **PAN**).

La specifica consente sia connessioni **punto-punto** che **punto-multipunto** arrivando a connettere fino a **sette** comunicazioni simultanee.

Bluetooth

Per ridurre le interferenze prodotte da altre tecnologie operanti sulla stessa banda di trasmissione, la 2.4GHz, nelle versioni più recenti dello standard, sono state applicate delle soluzioni innovative per consentire al sistema di individuare spazi frequenziali non utilizzati dove poter continuare la comunicazione in modo indisturbato. In ogni caso, in presenza di interferenza, la comunicazione non si interrompe ma, al massimo, la velocità di comunicazione viene ridotta.

In particolare il livello fisico del protocollo Bluetooth prevede una tecnica di trasmissione “spread spectrum” FHSS e divide la banda 2.4GHz in 79 canali, ognuno da 1 MHz, ed è previsto che possa cambiare canale fino a 1600 volte al secondo.

Bluetooth

Classe	Potenza (mW)	Potenza (dBm)	Distanza (Approssimativa)
Classe 1	100 mW	20 dBm	~ 100 metri
Classe 2	2,5 mW	4 dBm	~ 10 metri
Classe 3	1 mW	0 dBm	~ 1 metro

Version	Data Rate
Version 1.2	1 Mbit/s
Version 2.0 + EDR	3 Mbit/s
WiMedia Alliance (proposed)	53 - 480 Mbit/s

WLAN (*Wireless Local Area Network*)

Tra le tecnologie per le WLAN ad aver riscontrato il maggior successo, va menzionato il WiFi ovvero l'insieme degli apparati che soddisfano i requisiti degli standard IEEE 802.11 a/b/g e che sono stati certificati dalla WiFi Alliance.



L'802.11 è stato il primo standard emesso dall'IEEE che forniva le specifiche del protocollo fisico e del MAC per la realizzazione di dispositivi di rete dedicati alle WLAN. Questo standard è stato rilasciato nel 1997 e consentiva di ottenere data rate pari a 1 e 2 Mbps.

WLAN (*Wireless Local Area Network*)

Nel corso degli ultimi anni, lo standard è stato rivisto e modificato diverse volte dalla sua prima pubblicazione, e ora comprende cinque strati fisici:

- Infrarossi a 1 e, opzionalmente, 2 Mbps;
- Frequency hopping spread spectrum* a 1 e, opzionalmente, 2 Mbps a 2,4 GHz;
- Direct Sequence Spread Spectrum da 1 a 11 Mb/s a 2,4 GHz;
- Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM) fino a 54 Mb/s a 5 GHz;
- Una scelta tra DSSS e OFDM fino a 54 Mb/s a 2,4 GHz.

e poi c'è l'802.11n

<u>Release Date</u>	<u>Op. Frequency</u>	<u>Data Rate (Typ)</u>	<u>Data Rate (Max)</u>	<u>Range (Outdoor)</u>
<u>June 2009 (est.)</u>	<u>5 GHz and/or 2.4 GHz</u>	<u>74 Mbit/s</u>	<u>248 Mbit/s</u>	<u>~250 m</u>

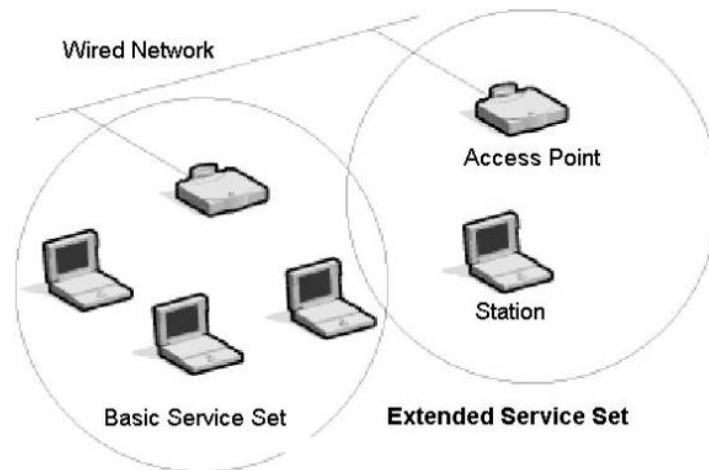
Breve panoramica sulle tecnologie

WLAN (*Wireless Local Area Network*)

E' possibile realizzare sia connessioni ad hoc *peer-to-peer* che connessioni basate su una infrastruttura di rete. In quest'ultimo caso sono richiesti dei punti di accesso fissi (AP), che agiscono come gateway tra i dispositivi cablati (ad esempio, Ethernet IEEE 802.3) e la rete wireless.



Peer-to-peer



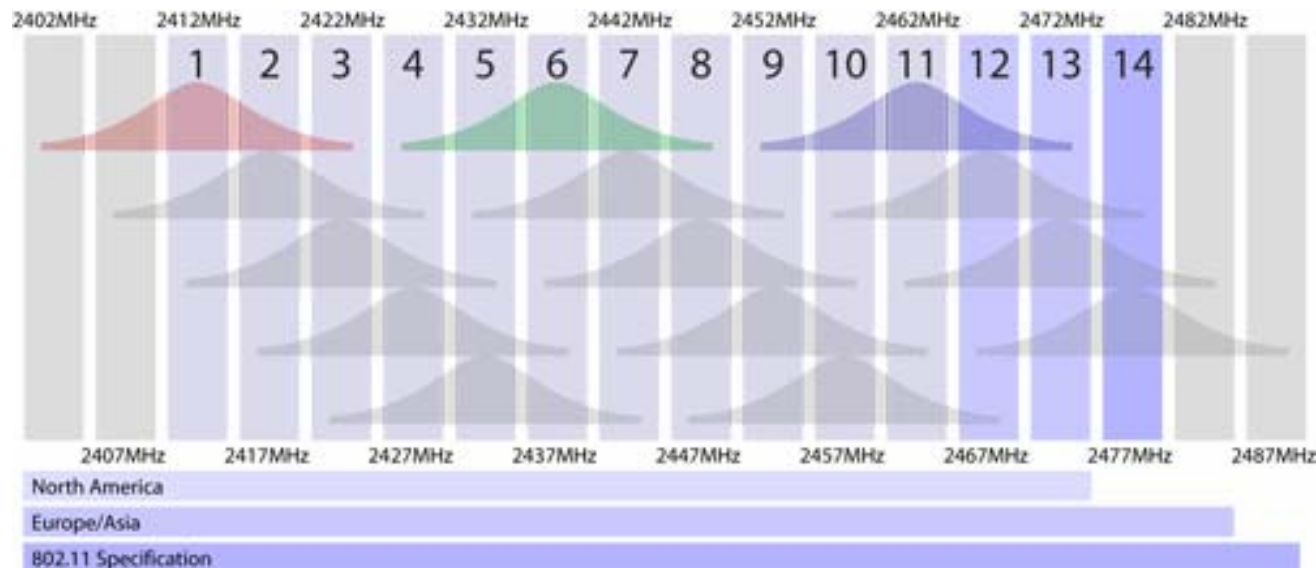
Infrastructure

Breve panoramica sulle tecnologie

WLAN (*Wireless Local Area Network*)

Lo standard IEEE 802.11b/g/n WLAN fornisce le specifiche di funzionamento in banda ISM a 2,4 GHz anche se, i regolamenti per questa banda, non sono uniformi a livello internazionale.

A causa di questa situazione, nonostante lo standard prevede la sovrapposizione di 14 canali da 22 MHz tra i 2,4 e i 2,5 GHz, questi non risultano essere utilizzabili sempre nella loro totalità.



WLAN (*Wireless Local Area Network*)

Lo standard candidato per essere impiegato nelle reti di sensori è l'802.11b, che opera a 1Mbps e 2 Mbps.

I suoi requisiti hardware sono semplici, la velocità è sufficientemente elevata.

L'uso della tecnica *Direct Sequence* permette di evitare i problemi che si riscontrano nei sistemi che usano la tecnica *Frequency Hopping* (ridotta potenza in trasmissione, migliore sincronizzazione, minore interferenza tra reti di sensori adiacenti, ecc..).

Il costo degli apparati ed il consumo di energia dei sistemi basati sullo standard 802.11b esteso sembra essere ben al di là delle caratteristiche tipiche delle reti di sensori wireless.

WiMax (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*)

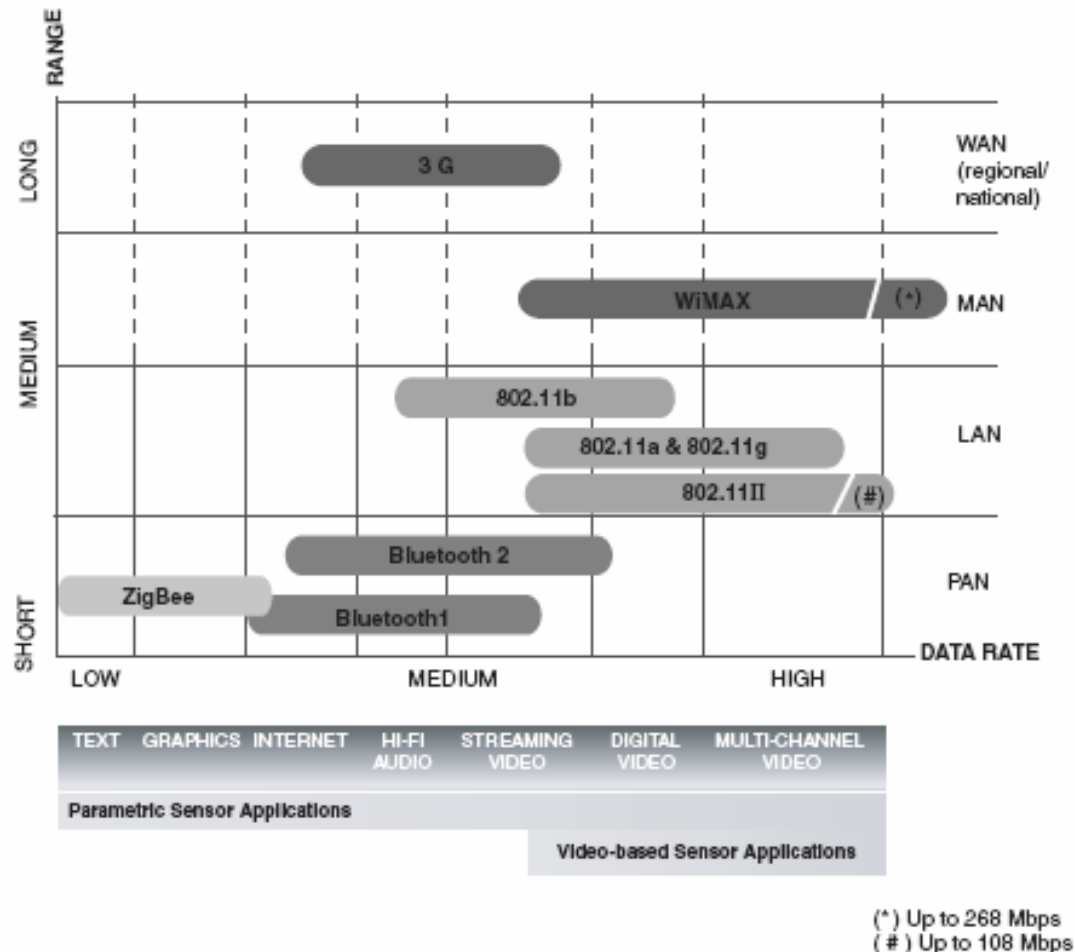
- Estensione metropolitana della rete;
- Elevate capacità di trasmissione (immagini, video, ecc..);
- Monitoraggio ambientale, rilevamento di incendi, vulcanologia, ecc...

3G (UMTS, IMT-2000)

- Estensione geografica della rete;
- Capacità di trasmissione che possono raggiungere i 2Mbps;
- Ubiquitous Wireless Sensor Networks (in campo medico per monitorare pazienti in qualunque luogo si trovano);

Breve panoramica sulle tecnologie

Confronto grafico tra alcune delle tecnologie considerate



Breve panoramica sulle tecnologie

Confronto prestazioni tra alcune delle tecnologie considerate

Property	IEEE Standard		
	802.11	802.15.1/Bluetooth	802.15.4/ZigBee
Range (m)	~100	~10 to 100	~10
Data throughput (Mbps)	~2 to 54	~1 to 3	~0.25
Power consumption	Medium	Low	Ultralow
Battery life measured in:	Minutes to hours	Hours to days	Days to years
Size relationship	Large	Smaller	Smallest
Cost/complexity ratio	>6	1	0.2

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Ing. Massimo Celidonio

Email: celi@fub.it

Tel. 06 54802127