

# Progetto Network-Nodes

Approfondimento riguardante le connessioni adoperate nel progetto

Calcolatori elettronici e reti di calcolatori

Pietro Rignanese & Andrea Polenta  
Università politecnica delle Marche



## INDICE

- Pagina 2..... Reti WLAN
  - Pagina 3,4,5.....Reti P2P
  - Pagina 5.....Reti BSS
  - Pagina 6.....Reti ESS
  
- Pagina 7..... Applicazioni
  
- Pagina 8..... Standard IEEE802.11
  - Pagina 9.....Gli standard della famiglia IEEE 802.x
  
- Pagina 10..... Reti PAN
  - Pagina 11..... ZigBee
  
- Pagina 11..... Reti BAN
  
- Pagina 12..... Reti IR
  - Pagina 13..... L'IrDA
  - Pagina 14,15..... Protocolli IrDA

## Overview

Ciò che vogliamo riportare nelle pagine seguenti sono degli approfondimenti legati alle connessioni effettuate tra i vari dispositivi durante lo svolgimento del progetto. Le connessioni adoperate sono la connessione di tipo Wireless e di tipo Ottico ad infrarossi(IR).

## Breve resoconto del progetto

Al fine di rendere più chiare la natura delle connessioni ricordiamo brevemente la struttura del nostro progetto.

Il nostro sistema di nodi prevede di fatto un Device di vario tipo (PC, Smartphone, Tablet) che sia in grado di effettuare una connessione ad una rete di tipologia WLAN, un nodo Master, anch'esso capace di stabilire una connessione WLAN attraverso l'ESP8266 12-E, un primo nodo Slave per il nodo Master e un secondo nodo Slave per il primo entrambi capaci di comunicare tra di loro attraverso delle connessioni infrarossi ottenute da trasmettitori e dei ricevitori IR.

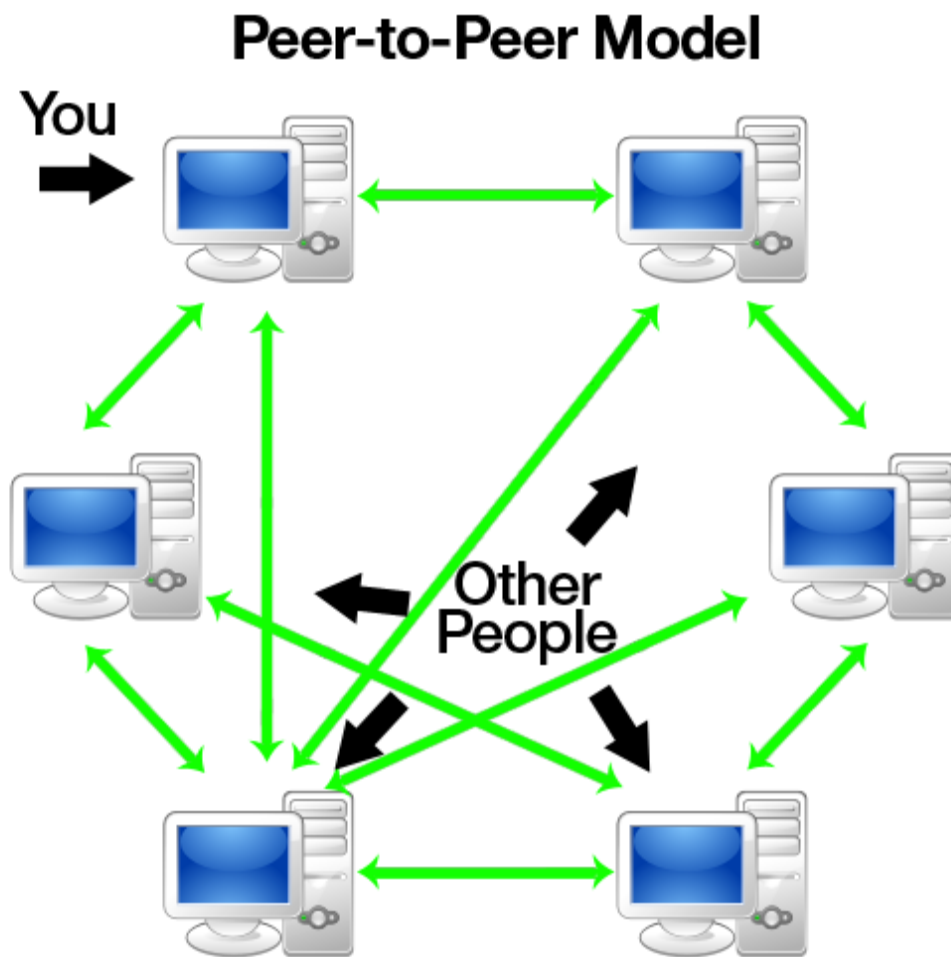
## Reti WLAN

Come espresso in precedenza, sia il Device che passa informazioni al Master, che lo stesso nodo Master, devono essere capaci di interfacciarsi ad una rete WLAN: una rete WLAN (Wireless Local Area Network) è una particolare rete locale che invece di sfruttare una connessione via cavo per connettere fra di loro gli Host della rete, sfrutta la connessione Wireless, cioè senza fili. Possiamo rilevare tre differenti tipologie di installazioni di tali reti WLAN:

- ❑ P2P o Ad-Hoc
- ❑ Infrastructure Basic Service Set
- ❑ Extended Service Set

### P2P o Ad-Hoc

Vengono anche dette reti **paritarie** o **paritetiche**, ciò perché di fatto sono modellate su di un'architettura logica in cui i **nodi** (gli **Host** nel caso delle reti WLAN) non sono gerarchizzati, cioè il loro ruolo non è definito a priori tra quello di Client o quello di Server, **tali ruoli risultano mixati tra di loro in maniera tale che un nodo può fungere sia da client che da server.**



Un esempio pratico di tale tipologia di rete, anche se non realizzata in modalità Wireless, lo possiamo notare anche nel nostro progetto; il nodo 1 risulterà essere sia Master che slave all'interno del contesto considerato.

Mediante questa configurazione qualsiasi nodo è in grado di avviare o completare una transazione. I nodi equivalenti possono differire nella configurazione locale,



nella velocità di elaborazione, nella ampiezza di banda e nella quantità di dati memorizzati.

Ovviamente questa tipologia di rete ha dei vantaggi e degli svantaggi, conoscerli sarà fondamentale per comprendere se quest'ultima è quella giusta per il sistema che vogliamo creare:

- *Non si deve acquistare un server con potenzialità elevate e quindi non se ne deve sostenere il costo, tuttavia ogni computer dovrà avere i requisiti per sostenere l'utente in locale, in rete e anche tutti gli altri utenti che desiderano accedere alle risorse di questo in remoto;*
- *Ogni utente condivide localmente le proprie risorse ed è amministratore del proprio client-server. Questo da un lato può essere positivo per una questione di "indipendenza", ma dall'altro richiede delle competenze ad ogni utente, soprattutto per quel che concerne la protezione;*
- *La velocità media di trasmissione dei dati è molto più elevata di una classica rete con sistema Server / Client, dal momento che l'informazione richiesta da un Client può essere reperita da numerosi Client connessi in modo paritario (ossia "peer"), anziché da un unico server (questo tipo di condivisione diventa tanto più efficace tanti più sono i Client connessi, in antitesi con la rete tradizionale Server/Client, dove un elevato numero di Client connessi riduce la velocità di trasmissione dati per utente);*
- *La sicurezza degli accessi ai client viene gestita localmente su ogni macchina e non centralizzata, questo significa che una rete basata su utenti deve avere lo stesso archivio reimpostato in ogni client;*

Queste tipologie di reti esulano dalla tipologia di connessione, di fatto **Peer-to-Peer** identifica un modello di interconnessione fra vari soggetti che **non debbono rispettare gli schemi rigidi del Client/Server** ma **possono mutare la loro natura in base alle necessità**. Ad esempio il termine P2P viene spesso adoperato per identificare le reti di **file Sharing**. Reti come quelle in cui si interfacciano software come **Utorrent** e **Vuze (Azureus)** sono reti **FileSharing-P2P** e vengono adoperate per la diffusione di grandi file ad alta velocità.

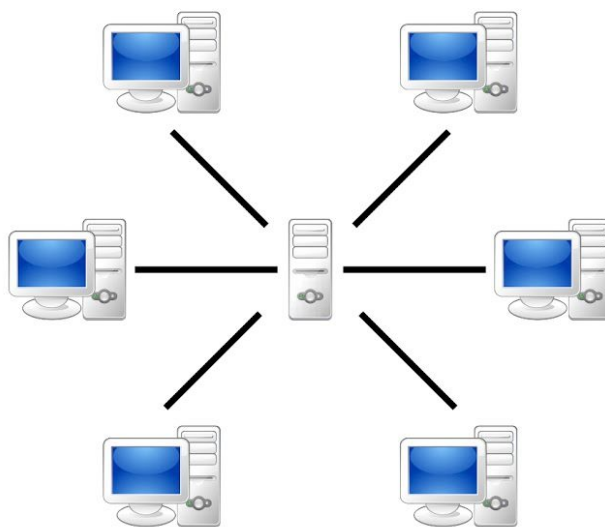
I suddetti software sono completamente compatibili con **BitTorrent** che è uno dei più popolari protocolli P2P. I vantaggi di queste tipologie di protocolli nell'ambito del file sharing sono dovuti al fatto che **i vari nodi presenti nel sistema contribuiscono alla diffusione dei file**, questo metodo riduce l'impatto della "leech resistance".

Le principali funzionalità dei software P2P sono:

- supporto multiplatforma, multiserver, multicanale: il programma è compatibile con tutti i sistemi operativi, server e dispositivi hardware (PC, laptop portatili, palmari, cellulari);
- supporto protocollo IPv6;
- download dello stesso file da più reti contemporaneamente;
- offuscamento dell'ID di rete;
- offuscamento del protocollo P2P;
- supporto proxy e Tor;
- supporto crittografia SSL;
- gestione da remoto, sia da PC/notebook che da cellulari e palmari.

### *Infrastructure Basic Service Set*

Nella **modalità infrastruttura** ogni computer stazione (sigla **STA**) si connette ad un Access Point con un collegamento senza fili. L'insieme formato dal punto di accesso e dalle stazioni poste nella sua zona di copertura è detto *insieme di servizi di base* (**BSS**) e costituisce una cella. Ogni *BSS* è identificato da un *BSSID*, un identificativo di 6 byte che corrisponde all'indirizzo MAC del punto di accesso.



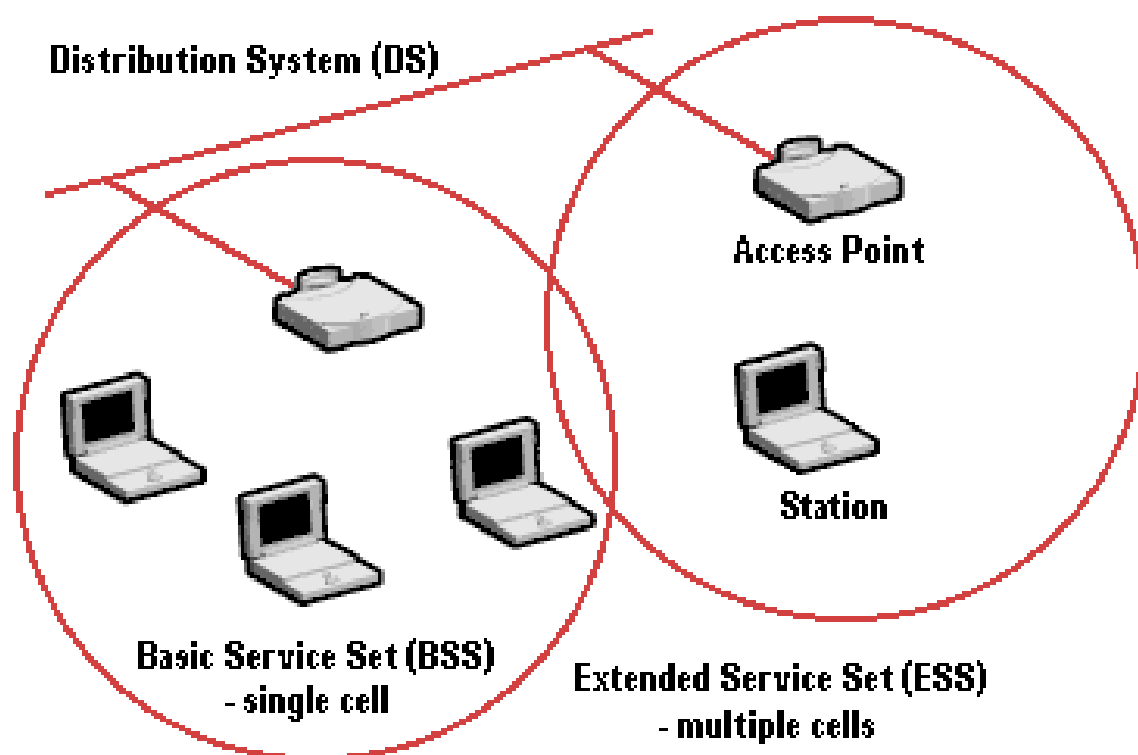
## Server-based


L'architettura dell'Infrastruttura BSS è di tipo cellulare

- Il sistema è diviso in celle costituite dalle BSS;
- Ciascuna cella è controllata dall'AP;
- La comunicazione tra stazioni avviene solo attraverso l'AP;

### *Extended Service Set*

Una WLAN ESS si basa sul collegamento di due o più WLAN BSS tra loro al fine di generare un'area di maggiore copertura. Grazie alla funzione del roaming, prevista dallo standard IEEE 802.11, un utente della WLAN ESS può passare da una cella (BSA) all'altra senza risentire di alcuna interruzione del servizio e quindi in modo totalmente trasparente. È importante che le celle wireless in configurazione ESS si sovrappongono almeno del 10% per garantire questa funzionalità.





Il Distribution System è uno strato residente in ciascun AP che funge da dorsale della WLAN, attraverso il quale un AP comunica con un altro AP per:

- Scambiare pacchetti destinati alle stazioni nei rispettivi BSS
- Girare pacchetti per inseguire le stazioni mobili che si spostano da un BSS ad un altro
- Scambiare pacchetti con una rete su cavo

Lo standard 802.11 lascia libertà di scelta (in ambito IEEE 802 LAN) della tecnologia utilizzabile per l'implementazione del DS, e stabilisce i servizi che esso deve fornire

- Il DS si può basare sia su una LAN 802.3 su cavo, che su una rete wireless 802.11
- **802.11f** standardizza il protocollo Inter-Access Point Protocol(IAPP)
  - Registrazione degli AP in una rete
  - Scambio di informazioni tra AP quando una stazione si muove tra aree di copertura supportate da AP di diversi produttori

## Applicazioni

Le reti WLAN sono alla base delle reti domestiche e aziendali. Risultano molto vantaggiose in edifici molto vecchi nei quali non vi è la possibilità o risulterebbe molto costoso e complicato operare modifiche per creare un adeguato sistema di cablaggio strutturato. Inoltre risultano vantaggiose anche nel caso in cui si necessiti di una rete temporanea, ad esempio nel caso di fiere o manifestazioni che durano solo alcune settimane o mesi, di fatto creare un sistema cablato sarebbe molto complesso e dispendioso anche in termini di lunghezza dei cavi, dunque risultano fondamentali queste tipologie di reti.



## Standard IEEE 802.11

L'IEEE 802.11 è un insieme di standard di trasmissione per le reti WLAN. Tutti quegli apparati radio che adottano tale standard vengono identificati con il logo in figura il



quale indica l'appartenenza di tale dispositivo alla **Wi-Fi Alliance**. Tale standard fa parte dell'**IEEE 802**

**LAN/MAN Standards Committee** (LMSC) commissione dell'IEEE preposta a sviluppare standard per le reti locali (LAN) e per le reti metropolitane (MAN). Più

precisamente, gli standard "802" sono dedicati alle reti che hanno pacchetti di lunghezza variabile.

I protocolli ed i servizi specificati negli standard 802, quindi anche l'802.11, si situano nei **due livelli più bassi** (fisico e Data Link) nel modello di riferimento a sette strati espresso dallo standard ISO-OSI. I protocolli 802 suddividono lo strato OSI DLL in due sottostrati, chiamati Logical link control (LLC) e Media Access Control (MAC), in modo tale che gli strati 802 possono essere indicati in questo modo:

- **Data link layer**
  - **Sottostrato LLC**
  - **Sottostrato MAC**
- **Strato fisico (Phy)**

Similmente ad **Ethernet IEEE 802.3**, lo **standard IEEE 802.11** definisce

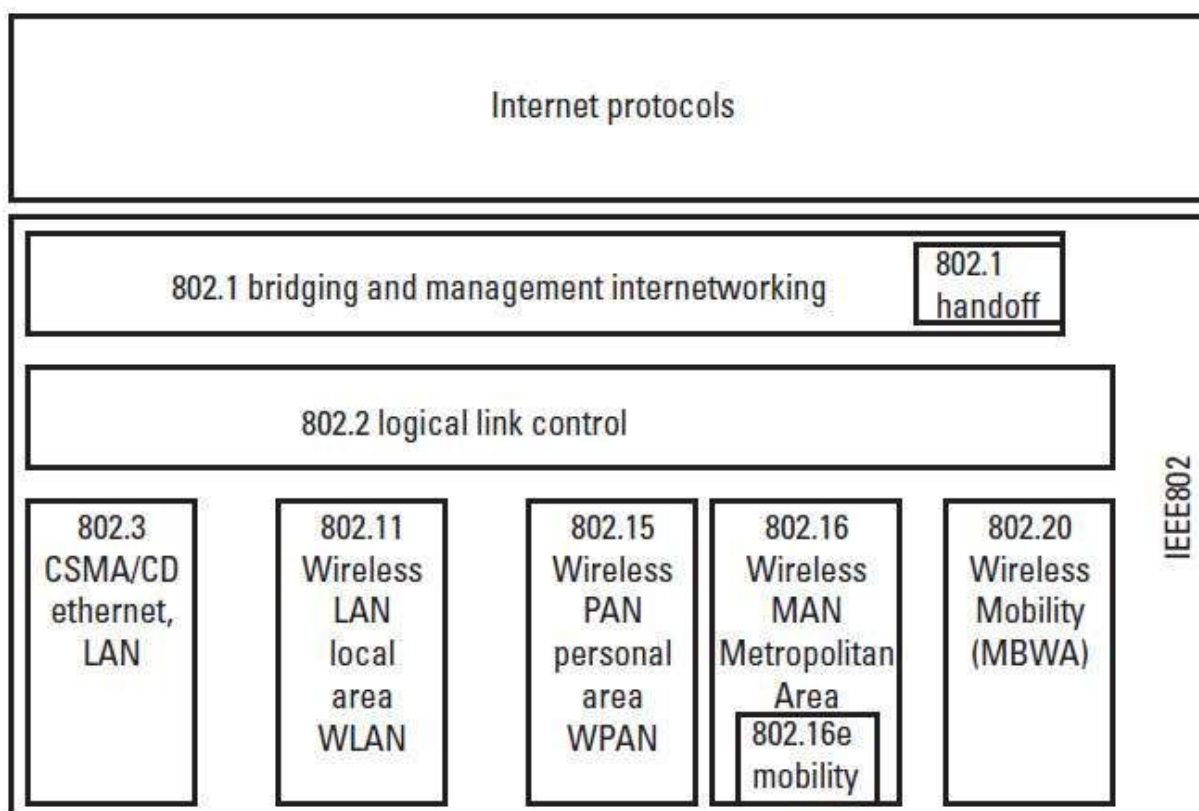
- Le funzioni necessarie ad una stazione 802.11 per operare sia in modalità peer-to-peer che integrata con una LAN esistente
- La privacy e la sicurezza dei dati dell'utente trasportati sul mezzo radio
- Il sottostrato MAC per l'accesso al mezzo
- Lo strato fisico (PHY) e le relative interfacce

La famiglia 802.11 prevede quattro protocolli dedicati alla **trasmissione delle informazioni** che sono i protocolli **a, b, g, n**; poi troviamo presente il protocollo per la **sicurezza** che però è stato incluso in uno standard a parte, **l'802.11i**. Poi abbiamo i protocolli per la **famiglia** che sono i seguenti: **c, d, e, f, h** ed altri ancora che però hanno una minore rilevanza, questi riguardano miglioramenti dei servizi già disponibili e estensioni per i servizi di base.

Due dei protocolli più diffusi sono gli **802.11b** e **802.11g** che utilizzano lo spettro di frequenze dei **2,4 GHz** per il trasferimento delle informazioni; si tratta di una banda di frequenze assegnata dal piano di ripartizione nazionale ed internazionale ad

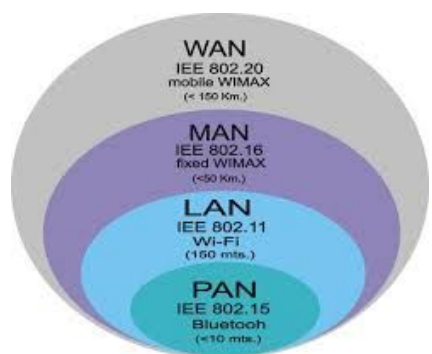
altro servizio e lasciato di libero impiego solo per le applicazioni che prevedono livelli di **EIRP** (*Equivalent Isotropic Radiated Power*, ovvero la massima potenza irradiata da un'antenna isotropa) di non superiori a **20 dBm** e utilizzate all'interno di una proprietà privata (no attraversamento suolo pubblico). *Le problematiche sorte relativamente ai dispositivi governati da tali protocolli erano dovute al fatto che questi lavorano sulle stesse frequenze di altri dispositivi largamente adoperati nelle abitazioni, come cordless, ripetitori audio/video etc.* **L'802.11a** utilizza invece la banda dei **5.4GHz** **ma non dispone di alcune importanti funzionalità previste dall'ETSI EN 301 893**. Per ovviare al problema in Europa è stato introdotto nel 2004 il protocollo **802.11h, che risponde ai requisiti richiesti**. Un apparato WiFi per trasmettere su suolo pubblico in Italia a 5.4 GHz deve quindi utilizzare questo standard.

## Gli standard della famiglia IEEE 802.x



## Le Reti PAN

Le reti **PAN** si pongono nell'insieme delle reti che vengono identificate in base al loro raggio di copertura quindi insieme alla **LAN**, **MAN** e **WAN**. Il termine PAN sta



per **Personal Area Network** e quindi identifica tutte quelle reti che hanno come nodi dei device appunto 'personali' cioè spazialmente vicini all'utente che li adopera (Smartphone, PC Tascabili, Tablet...) .

Entriamo in contatto con questi oggetti quotidianamente generando di conseguenza delle reti PAN.

Le **PAN Bluetooth** sono chiamate anche **piconet** e queste sono composte al massimo da otto dispositivi

in relazione *master-slave*. Il primo dispositivo Bluetooth è il *master* mentre i successivi diventano *slave*. Una rete *piconet* ha un **raggio tipico di 10 metri** ma si possono collegare più piconet utilizzando un dispositivo che appartenendo a entrambi le piconet fa da ponte, in questo caso la rete che si viene a creare è chiamata *scatternet*.


La **wireless personal area network** (WPAN) è una PAN che utilizza come mezzo trasmissivo le onde radio invece degli usuali cavi. La rete Bluetooth forma una WPAN e questa tipologia di rete è definita **nell'IEEE 802.15**. Un altro tipo di rete WPAN è **ZigBee**.

### ZigBee

ZigBee è uno dei più importanti standard di comunicazione curato dalla **ZigBee Alliance**; essendo di fatto una rete WPAN, si basa sul protocollo 802.15.4, tale standard specifica una serie di profili applicativi che permettono di realizzare una comunicazione specifica tra diversi dispositivi che variano dal mondo dell'**energia (Smart Energy)** al mondo della **domotica (Home Automation e ZigbeeLightLink)**.



ZigBee opera nelle frequenze radio assegnate per scopi industriali, scientifici e medici (ISM, 868 MHz in Europa, 915 MHz negli Stati Uniti e 2,4



GHz nella maggior parte del resto del mondo), ma di fatto ad oggi le uniche vere implementazioni disponibili sul mercato sono quelle a 2,4 GHz.

**Questa tecnologia è nata con lo scopo di essere più semplice e più economica di altre Wireless PAN come, ad esempio il Bluetooth.**

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** non mirata, economica e autogestita che possa essere utilizzata per scopi quali il controllo industriale, le reti di sensori, domotica, le telecomunicazioni, 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.

Ci sono tre differenti tipi di dispositivo ZigBee:

- **ZigBee Coordinator (ZC)**: è il dispositivo più "intelligente" tra quelli disponibili, costituisce la radice di una rete ZigBee e può operare da ponte tra più reti. Ci può essere un solo "Coordinator" in ogni rete. Esso è inoltre in grado di memorizzare informazioni riguardo alla sua rete e può agire come deposito per le chiavi di sicurezza.
- **ZigBee Router (ZR)**: questi dispositivi agiscono come router intermedi passando i dati da e verso altri dispositivi. Di fatto non vi sono distinzioni hardware tra un ZC e un ZR se non che viene rilasciato al coordinator il ruolo di inizializzare la rete, dopodiché diventano dispositivi identici.
- **ZigBee End Device (ZED)**: includono solo le funzionalità minime per dialogare con il nodo padre (Coordinator o Router), non possono trasmettere dati provenienti da altri dispositivi e dunque non partecipano al multi-hop di un messaggio; sono i nodi che richiedono il minor quantitativo di memoria e quindi risultano spesso più economici rispetto ai ZR o ai ZC.

## Le Reti BAN

Le **Body Area Network (BAN)** o *Body Sensor Network (BSN)*, anche chiamate *Wireless Body Area Network (WBAN)*, sono reti che interconnettono dispositivi indossabili, il cui raggio di copertura è inferiore ad un metro. La **rete BAN** permette il passaggio di comunicazione attraverso segnale elettrico o luminoso a seconda del link di comunicazione utilizzato. Le applicazioni più tipiche sono le reti di sensori corporei in campo biomedico.

## Reti IR

Come specificato in precedenza, nel nostro progetto, oltre ad aver interagito con una rete WLAN abbiamo avuto a che fare anche con una **rete generata da dispositivi ottici quali i LED infrarossi**. Muniti di **Trasmittitori IR** e **Ricevitori IR** abbiamo generato una rete nella quale identifichiamo il nodo **"Master"**, il **nodo1** che è slave per il **"Master"** e master per il **nodo2** e il **nodo2** che è slave per il **nodo1**. Quella che abbiamo creato è una rete **peer-to-peer** vista la natura dei nodi, questi infatti comunicano tra di loro senza aver bisogno di un **AP** che 'smista' le informazioni e le passa a chi di dovere.

Un esempio pratico lo notiamo nella comunicazione di attivazione di un attuatore presente nel nodo 2, infatti in questo caso il 'Master' riceve le informazioni su quale attuatore attivare direttamente dal device in questione (PC, tablet, smartphone) poi elabora tali dati e invia la richiesta al nodo1, il nodo1 elabora il dato controllando se è un'informazione per attivare un suo attuatore o meno, essendo per il nodo2 come da ipotesi il nodo1 invia a sua volta il dato al nodo2 il quale lo elabora, comprende che è un dato per lui (se non è corrotto, altrimenti interrompe la comunicazione comunicandolo al nodo1 e il nodo1 al 'Master' ) comunica al nodo1 che il dato è buono, il nodo 1 rimasto in ascolto riceve l'ACK e a sua volta invia l'ACK al 'Master' che aggiorna la pagina HTML.

Come possiamo notare la comunicazione è indipendente tra nodo e nodo, non ci sono intermediari, le informazioni passano direttamente da un nodo all'altro.

la **radiazione infrarossa (IR)** è la radiazione elettromagnetica con banda di frequenza dello spettro elettromagnetico inferiore a quella della luce visibile, ma maggiore di quella delle onde radio, ovvero lunghezza d'onda compresa tra 700 nm e 1 mm (*banda infrarossa*). Il termine significa "sotto il rosso" (dal latino *infra*, "sotto"), perché il rosso è il colore visibile con la frequenza più bassa. Viene spesso associata con i concetti di "calore" e "radiazione termica", poiché ogni oggetto con temperatura superiore allo zero assoluto (in pratica qualsiasi oggetto reale) emette spontaneamente radiazione in questa banda. La radiazione infrarossa viene usata in apparecchi di visione notturna, quando non c'è abbastanza luce visibile e in commercio ci sono due classi di telecamere ad Infrarosso: le prime sono generalmente sensibili sia all'infrarosso vicino e alla luce visibile e non permettono la misurazione della temperatura vengono generalmente chiamate telecamere IR (o Day & Night), le seconde sono sensibili all'infrarosso medio (termico) e sono definite termocamere.

**L'infrarosso è utilizzato anche come mezzo di trasmissione dati: nei telecomandi dei televisori (per evitare interferenze con le onde radio del segnale televisivo), tra computer portatili e fissi, palmari, telefoni cellulari, nei sensori di movimento e altri apparecchi elettronici.**

Lo standard di trasmissione dati affermato è l'IrDA (*Infrared Data Association*). **Telecomandi e apparecchi IrDA usano diodi emettitori di radiazione infrarossa** (*comunemente detti LED infrarossi*). La radiazione infrarossa da essi emessa viene messa a fuoco da lenti di plastica e modulata, cioè accesa e spenta molto rapidamente, per trasportare dati. Il ricevitore usa un fotodiodo al silicio per convertire la radiazione infrarossa incidente in corrente elettrica. Risponde solo al segnale rapidamente pulsante del trasmettitore, ed è capace di filtrare via segnali infrarossi che cambiano più lentamente come luce in arrivo dal Sole, da altri oggetti caldi, e così via.

**Anche la luce usata nelle fibre ottiche è spesso infrarossa.**

## L'IrDA

L'IrDa (Infrared Data Association) è un'organizzazione no profit di produttori elettronici che vanno a definire, regolamentare e ratificare le regole o i protocolli che stanno alla base delle comunicazioni che fanno uso della radiazione infrarossa. Comunicazioni di questo tipo vengono definite wireless (senza fili) e vengono adoperate nelle brevi distanze.

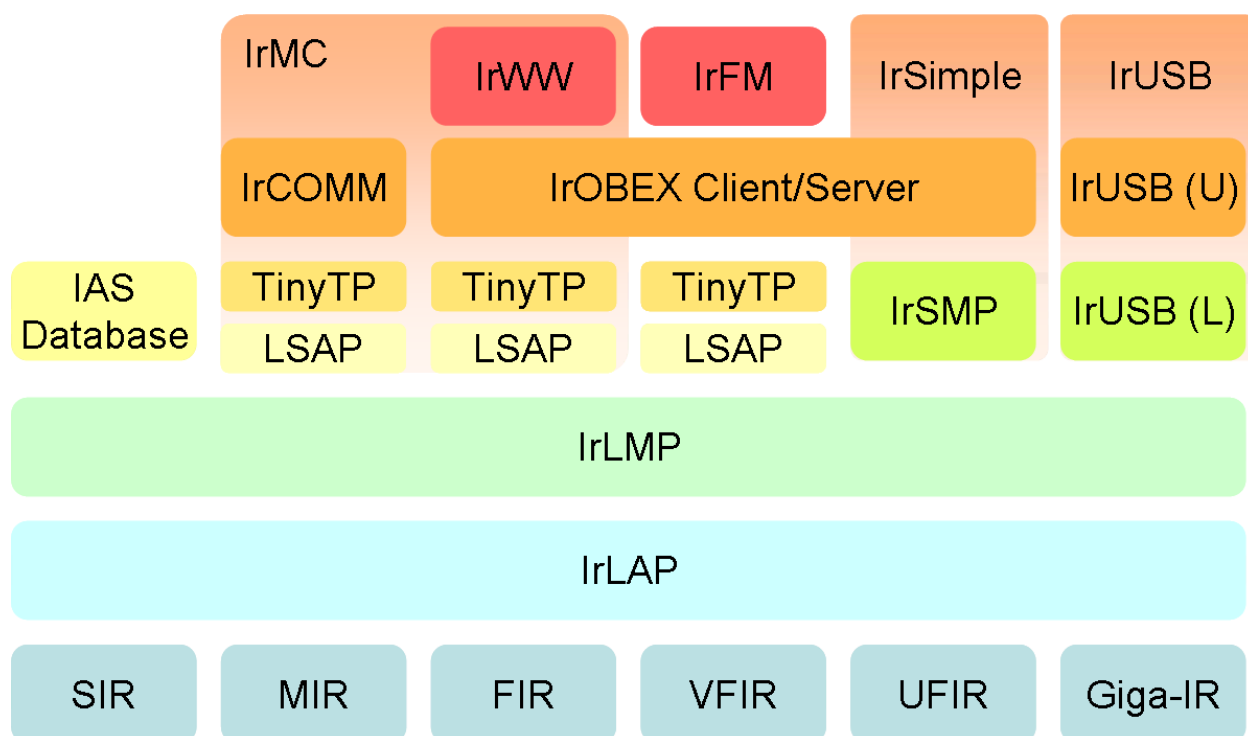
I protocolli definiti sono i seguenti:



PROTOCOLLI	DESCRIZIONE
IrPHY ( <b>Infrared Physical Layer Specification</b> )	Costituisce il livello più basso delle specifiche IrDA. Caratterizzato dal fatto che la distanza di trasmissione non può essere maggiore di 1m nel caso standard, 0.3m a basso consumo e 0.2 tra due device a basso consumo, impone che l'angolo di trasmissione determini un cono minimo di $\pm 15^\circ$ ; la velocità di trasf. varia tra i 2.4 kbit/s a 16 Mbit/s e dispone di una finestra a infrarossi. Definiamo 4 modalità fondamentali di trasmissione: <b>SIR o serial infrared</b> con velocità di trasmissione di 9600 bit/s. <b>MIR o medium infrared</b> e presenta velocità tra 0.576 Mbit/s e 1.152 Mbit/s. <b>FIR o fast infrared</b> (obsoleto) e velocità di trasmissione di 4 Mbit/s. <b>VFIR o Vary Fast Infrared</b> con transfer-rate di 16 Mbit/s.
IrLAP ( <b>Infrared Link Access Protocol</b> )	Rappresenta il livello datalink del modello ISO/OSI. Le sue specifiche più importanti sono: l'autenticazione, il rilevamento di altri dispositivi di comunicazione IrDA, lo stabilimento di una connessione bidirezionale, la negoziazione del ruolo dei dispositivi che sono suddivisi tra un dispositivo primario, che controlla e abilita o meno gli altri dispositivi al trasferimento, e uno o più dispositivi secondari dipendenti da quello primario.



IrLMP ( <b>Infrared Link Management Protocol</b> )	È un protocollo obbligatorio ed è distinto in due parti. LM-MUX ( <i>Link Management Multiplexer</i> ), situato sopra il livello IrLAP, provvede alla creazione di canali logici multipli per la trasmissione del flusso di dati, e permette lo scambio tra dispositivo primario e dispositivi secondari. La seconda parte del protocollo, LM-IAS ( <i>Link Management Information Access Service</i> ) fornisce un registro di servizi integrabile e accessibile tramite query.
Tiny TP ( <b>Tiny Transport Protocol</b> )	Protocollo opzionale che provvede al trasferimento di file i quali vengono suddivisi in pacchetti di ridotte dimensioni (per migliorare la velocità di trasmissione e ridurre la perdita di dati) che il ricevitore assembla tra loro ricostruendo il file originario e provvede al controllo di flusso dei dati assegnando le priorità ad ogni canale logico.
IrCOMM ( <b>Infrared Communications Protocol</b> )	Protocollo opzionale che permette ad un dispositivo infrarossi di agire come una porta seriale o parallela.
IrOBEX ( <b>Infrared Object Exchange</b> )	Protocollo opzionale che permette lo scambio di oggetti dati tra dispositivi.
IrLAN ( <b>Infrared Local Area Network</b> )	protocollo opzionale che permette di connettere un dispositivo a raggi infrarossi con una rete locale in tre modi: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Access Point</li> <li>• Peer-to-peer</li> <li>• Host</li> </ul> Si posiziona sopra il protocollo Tiny TP che è quindi necessario abilitare per il funzionamento di IrLAN.
IrSimple	<b>IrSimple</b> migliora l'efficienza del protocollo di trasmissione aumentandone la velocità da 4 a 10 volte pur mantenendo la retrocompatibilità con i protocolli IrDA precedenti.
IrFM( <b>Infrared financial messaging</b> )	protocollo opzionale per effettuare transazioni finanziarie tramite un dispositivo a infrarossi.



IrDA permette la creazione di reti di tipo PAN ed è uno standard diffuso globalmente. È largamente adottato su computer portatili, palmari, cellulari.

Il bluetooth, che è uno standard di trasmissione radio, ha tuttavia soppiantato la trasmissione a infrarossi su alcuni dispositivi.

I dispositivi a infrarossi, per funzionare correttamente, devono essere posizionati in condizioni di visibilità reciproca (la cosiddetta LoS, *Line of Sight*, *linea di vista*) ad una distanza di 1 o 2 metri. Questi limiti dipendono dal fatto che la radiazione infrarossa prodotta da questi dispositivi non è in grado di attraversare muri o altre barriere solide significative (anche il vetro di una finestra può pregiudicare la qualità della trasmissione). La velocità di trasmissione più comune è di circa 4 Mbit/s, ma alcuni dispositivi raggiungono i 16 Mbit/s.