

WiFi vs MotoWi4

Regolamentazione e confronto fra due tecnologie wireless in bande ISM

white paper - settembre 2009

Con l'espressione **WLAN** (Wireless Local Area Network) si indica un sistema per comunicazione dati tramite una rete locale wireless; ciò implica che i nodi di una rete dati sono genericamente connessi senza l'impiego di cavi. Le tecnologie wireless disponibili sono varie, regolate da normative o standard, e possono utilizzare protocolli proprietari oppure liberi.

Il nome "**WiFi**" rimanda ad una serie di protocolli e meccanismi di accesso wireless definiti a partire dai primi anni '90 dal gruppo di lavoro **802.11** dell'**IEEE** (Institute of Electrical and Electronics Engineers), una organizzazione promossa da diverse aziende del settore.

A cavallo del 2000 l'**ETSI** (European Telecommunications Standards Institute), l'ente europeo di standardizzazione per le comunicazioni, vista la difficoltà tecnologica di innovazione dell'802.11, ha definito una serie di standard per il trasporto di dati IP, ATM e backhauling UMTS. Un comitato, prima RES poi BRAN, ha suddiviso il progetto in 4 soluzioni (TR 101 031 V1.1.1): HiperLAN (High Performance Radio Local Area Network), HiperLAN type 2, HiperACCESS (type 3) e HiperLINK (type 4).

HiperLAN (EN 300 652 V1.2.1) propone una soluzione wireless locale per il trasporto IP, definendo un livello fisico a 5GHz con modulazioni FSK, e lasciando ai costruttori libertà sul livello datalink.

HiperLAN/2 (TR 101 031 V2.2.1, TS 101 475 V1.3.1, TR 101 683 V1.1.1) riprende il primo tipo e si propone per collegamenti sia punto-punto che punto-multi-punto a brevi distanze, definendo sia il livello fisico, sempre a 5GHz ma con modulazioni anche OFDM, sia il livello datalink, con un meccanismo di contesa del canale in TDMA. La soluzione è pensata per il trasporto di dati IP e trame ATM, e garantisce la Quality of Service (**QoS**).

HiperACCESS (TR 102 003 V1.1.1) illustra un sistema in OFDM su frequenze non definite per il trasporto dati ad elevata velocità e con bassa latenza per medie distanze, in configurazione punto-multi-punto a settori utilizzando TDMA e FDD; lo scopo sono le applicazioni multimediali e infrastrutture UMTS.

Infine **HiperLINK** definisce una soluzione punto-punto a banda larga per lunghe distanze (almeno 155Mbps).

Il mercato era però già saturo di prodotti WiFi, e pochi costruttori hanno investito in una nuova tecnologia per il trasporto dati non mobile, sebbene più performante. Il marchio "**MotoWi4**" comprende una serie di prodotti wireless sviluppati da **Motorola** per trasmissione dati con protocolli derivati da questi standard ETSI e in particolare dall'HiperLAN/2.

Protocolli e normative wireless

I due sistemi di comunicazione lavorano nello spettro ISM dei 2.4GHz e dei 5.4GHz. Queste frequenze sono state **liberalizzate** a livello europeo per scopi civili ed opportunamente regolamentate; è sempre l'**ETSI** che si occupa di regolamentare le modalità di accesso a queste gamme di frequenze civili. Il **Ministero delle Comunicazioni** ha armonizzato la regolamentazione dello spettro ISM nel 2004: in Italia valgono quindi le norme ETSI, ed un apparato che le rispetta non necessita di essere notificato prima della vendita.

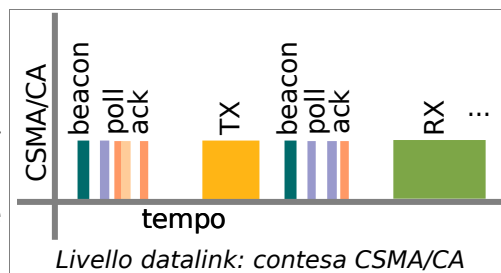
La normativa di riferimento per i **2.4GHz** (da 2400 MHz a 2483.5 MHz) è **EN 300 328** v1.7.1. La normativa invece per l'utilizzo dei **5.4GHz** (da 5470 MHz a 5725 MHz) è **EN 301 893** v.1.5.1 del 2008. È importante notare che queste normative variano di anno in anno, aggiungendo o rimuovendo alcuni vincoli a livello radio; infatti nel 2010 bisognerà rispettare la versione 1.6.1.

Ad esempio, un apparato a 2.4GHz deve trasmettere ad una potenza massima di 100mW EIRP rispettando alcuni vincoli tra i quali una densità massima di 10mW per MHz ed un tempo massimo di frequency hopping di 0.4 secondi.

Ad oggi, per poter operare a 5.4GHz, un apparato deve rispettare la normativa EN 301 893 v.1.4.1, che prescrive una potenza massima di 1W EIRP su un canale radio largo da 5MHz a 40MHz e un comportamento servizievole in caso di interferenze, in particolare perché lo spettro ISM a 5.4GHz è condiviso con molti radar. Per questo motivo in Europa è necessario ascoltare continuamente il canale radio e reagire in caso di segnali sconosciuti con tempistiche ben precise in modo da evitare l'interferenza: principalmente bisogna ascoltare il canale per un tempo minimo (**CAC** - Channel Availability Check) prima della scelta di un canale, abbassare la potenza trasmessa (**TPC** - Transmit Power Control) e cambiare la frequenza di utilizzo (**DFS** - Dynamic Frequency Selection) in caso di interferenza, tutto ciò in tempi particolarmente rapidi per la banda dei radar meteorologici (da 5600MHz a 5650MHz).

Tecnologie IEEE 802.11

Le tecnologie definite dal gruppo 802.11 permettono di realizzare reti **punto-multi-punto** basandosi su una **infrastruttura** con controllore centrale oppure in modalità ad-hoc. Questa tecnologia si è evoluta nel tempo a partire dagli anni '90, partendo da un protocollo wireless base di 1-2Mbps in banda 2.4GHz, per poi essere ampliato e migliorato per arrivare a 54Mbps in banda 2.4GHz e 5.4GHz.



L'idea di base è di riprodurre un sistema di contesa del canale trasmissivo per l'accesso multiplo molto simile al protocollo Ethernet cablato, che a sua volta derivava da un protocollo radio. La trasmissione è richiesta dai terminali secondo tempi di attesa casuali in intervalli prefissati; questi intervalli temporali sono divisi secondo diverse lunghezze, permettendo una divisione tra comunicazioni di servizio o dati più o meno importanti. Questo sistema prende il nome di **CSMA/CA** (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) e si basa su un sistema di tempi di attesa variabili nei quali i nodi possono trasmettere. Benché è utilizzato il meccanismo di Collision Avoidance, ciò non garantisce l'impossibilità che due nodi trasmettano contemporaneamente e non evita il problema del terminale nascosto; sono stati inseriti diversi sistemi di miglioramento, tra i quali meccanismi di handshake **RTS-CTS** e **Channel Reservation**.

Il gruppo 802.11 definisce non solo il **livello fisico**, comprendente codifiche radio, modulazioni e la contesa del canale, ma anche parte del **livello datalink**, comprendente MAC (Medium Access Control), allocazione delle risorse, frammentazione e assemblamento dati, e controllo di errore.

Le tecnologie 802.11 si dividono per frequenza e modulazioni utilizzate: 802.11b definisce il funzionamento a 2.4GHz con modulazione DSSS ed una banda lorda da 1 a 11Mbps; del 2003 è l'802.11g che integra il protocollo precedente con modulazioni OFDM fino ad una banda lorda di 54Mbps. Indicati genericamente con la denominazione **802.11b/g**, questi standard rispettano la suddetta normativa ETSI EN 300 328.

Del 2001 è invece lo standard **802.11a**, che prevede il funzionamento a 5.4GHz con modulazioni OFDM con una banda lorda da 6 a 54Mbps; questo standard tuttavia **non segue la regolamentazione ETSI EN 301 893** per il 5.4GHz, e gli apparati con questo standard vanno notificati al Ministero delle Comunicazioni, pena il divieto di commercializzazione in Italia.

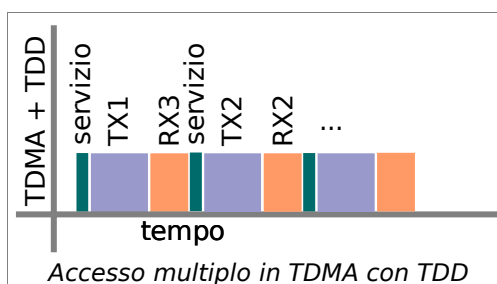
Per ovviare al problema nel 2003 è nata la versione **802.11h**, che integra a 802.11a i requisiti di TPC e DFS richiesti dall'ETSI; questa integrazione è poi stata inclusa nell'ultima revisione IEEE 802.11-2007. Tuttavia i produttori di schede WiFi che seguono lo standard non sempre implementano immediatamente le variazioni richieste dalle revisioni dello standard.

In tutte le gamme di frequenza gli apparati lavorano con una larghezza di banda radio di 20MHz; con un solo terminale che comunica a 54Mbps, la banda tipicamente **effettiva** non sale oltre i 20Mbps, con una efficienza spettrale (il rapporto fra bit-rate effettivo e larghezza di canale radio occupato) minore di 1bps/Hz. Poiché permesso dalle normative, i produttori WiFi hanno inserito delle estensioni a 40MHz di canale radio, in modo da poter almeno raddoppiare il bit-rate lordo; queste modalità sono **proprietarie** e pongono alcuni limiti a livello radio poiché rendono la trasmissione molto più sensibile ad interferenze e limitano il numero di canali trasmissivi disponibili.

Vantaggi IEEE 802.11	Svantaggi IEEE 802.11
<ul style="list-style-type: none"> • Soluzione diffusa, compatibile e interoperabile con molti terminali • La presenza di diversi produttori di integrati WiFi ha creato una notevole concorrenza • Le schede WiFi possono essere utilizzate su una vasta gamma di sistemi integrati 	<ul style="list-style-type: none"> • La banda effettiva totale del collegamento data quella teorica è di molto inferiore (nel migliore dei casi il 50%), non nota a priori, e scende all'aumentare dei terminali • Il tempo di latenza è variabile • La stabilità del collegamento non è garantita • Non è realmente offerta la QoS

Tecnologie Motorola MotoWi4

I sistemi trasmissivi impiegati dai prodotti MotoWi4 derivano dallo standard **HiperLAN/2**, un sistema di comunicazione dati a 5GHz alternativo a IEEE 802.11. Seguendo le indicazioni dello standard, Motorola ha implementato un sistema per l'accesso condiviso in **TDMA** (Time Division Multiple Access, a divisione di tempo), utilizzato anche per la separazione tra trasmissione e ricezione dati (**TDD**, Time Division Duplexing). Il meccanismo impiegato, utilizzato dal GSM e ripreso nel WIMAX (IEEE 802.16-2004), è quindi parecchio differente dal principio di Ethernet ed è più simile al funzionamento dei sistemi E1 o ATM.



Le release firmware degli apparati MotoWi4 seguono man mano le indicazioni delle revisioni della **normativa europea** sulla

trasmissione radio EN 301 893. Gli apparati a 2.4GHz utilizzano la medesima tecnologia ma rispettando la normativa EN 300 328 v1.7.1.

Gli apparati MotoWi4 basati su HiperLAN si dividono in 3 categorie: la famiglia **Canopy**, il nuovo ramo **Canopy 400**, e i prodotti **PTP OFDM**.

La famiglia Canopy include sia apparati per il punto-multi-punto che punto-punto, con modulazione 2FSK e 4FSK su un canale radio di 20MHz e, per i Canopy 400, OFDM su un canale di 10MHz. Tutti gli apparati, oltre ad essere basati su divisione di tempo TDMA/TDD, possono essere **sincronizzati** fra di loro oppure acquisendo il segnale di sincronismo dal sistema GPS. Il protocollo trasmissivo è quindi rigidamente dettato dai controllori dell'infrastruttura (AP o Master), e le **risorse sono assegnate** secondo le necessità ai terminali. Questo permette un funzionamento garantito con riferimenti temporali univoci su un'intera rete; nel caso di più moduli posti in vicinanza, **non vi è interferenza fra di loro** ed è possibile il riutilizzo delle frequenze. Questo meccanismo dettato dall'infrastruttura assicura **ritardi costanti** e la banda di rete indicata per gli apparati, che va da 7Mbps a 21Mbps (Canopy 400) per singolo modulo, è un bit-rate effettivo e garantito. Infine viene effettivamente gestita la **Quality of Service**, poiché ai dati con priorità maggiore è assicurata l'allocazione di un tempo apposito.

Il terzo tipo di apparati, i BackHaul PTP OFDM, si concentra sul funzionamento punto-punto, utilizzando **due ricetrasmittitori radio** con un sistema MIMO (Multiple Input Multiple Output) di correlazione dei dati avanzato, modulazioni OFDM adattative, un sistema di selezione dinamica delle frequenze con **scansione continua dello spettro**. Questi apparati lavorano in **TDD** e permettono collegamenti fino a 200km e fino a 300Mbps effettivi, con canali radio larghi da 5MHz a 30MHz; l'**efficienza spettrale** varia secondo i modelli fino ad arrivare a 10bps/Hz.

Vantaggi MotoWi4

- La rigidità dell'infrastruttura compensa la variabilità del mezzo trasmissivo radio
- Sono garantiti i ritardi e l'effettivo bit-rate
- Essendo gli apparati sincronizzati è possibile riutilizzare le medesime frequenze su più apparati vicini
- La banda effettiva totale non scende all'aumentare dei terminali
- Soluzione carrier-class tecnologicamente avanzata e robusta

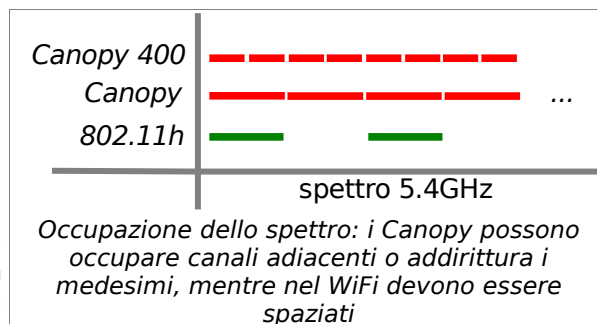
Svantaggi MotoWi4

- I costi di acquisto del materiale sono maggiori
- Non vi è interoperabilità con altri apparati HiperLAN

Confronto delle due piattaforme

Protocollo fisico e datalink

Tra gli apparati Canopy e gli apparati WiFi il livello fisico è simile, e si discosta per quanto riguarda la modulazione; la modulazione FSK è più sensibile a riflessioni e diffrazioni rispetto all'OFDM ma permette collegamenti **più robusti ad interferenze** e richiede un rapporto segnale/rumore basso (3dB).

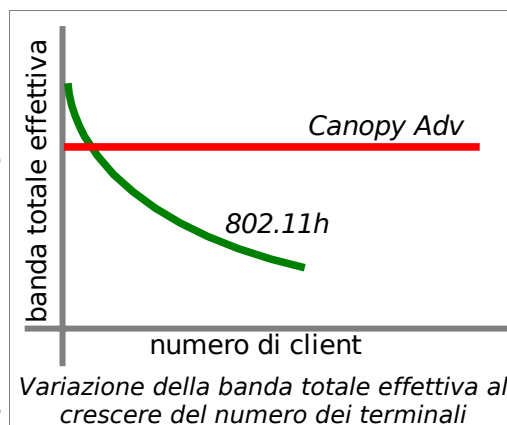


I modelli Canopy 400 e WiFi a livello fisico sono maggiormente simili, però il Canopy 400 occupa solo **10MHz** di canale radio, **la metà del WiFi**. Gli apparati PTP OFDM utilizzano le medesime modulazioni ma su una banda radio di larghezza 5MHz, 10MHz, 15MHz e 30MHz, utilizzando molte più sottoportanti e una costellazione più ricca.

A livello datalink tutti gli apparati MotoWi4 sono profondamente diversi da quelli WiFi. Mentre nei primi tutte le trasmissioni e gli accessi al canale sono rigidamente definite dai controllori dell'infrastruttura, nel secondi il protocollo è molto più lasco e dettato dal caso e diventa più complesso per poter risolvere i tempi morti e migliorare la banda effettiva.

Numero di client e banda di rete lorda, effettiva, garantita

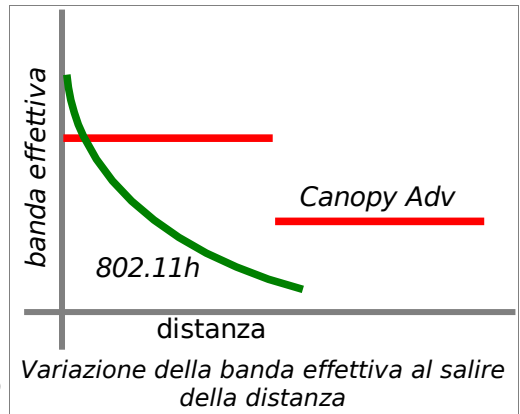
La banda di rete disponibile in un collegamento dati può essere definita in molti modi. Spesso si parla di banda senza specificare quale si intende. Nel WiFi si cita molto spesso 54Mbps, una misura da definire **lorda teorica** poiché si riferisce ad una trasmissione continua a livello fisico in OFDM; tuttavia il protocollo 802.11g/h prevede sia delle trasmissioni periodiche a modulazione di 1Mbps per l'accesso di nuovi client, sia degli intervalli di attesa per le richieste dei terminali. Questo implica che non è possibile effettivamente ottenere una comunicazione a tale bit-rate, ma **massimo 20Mbps**. Inoltre, se sono presenti diversi terminali, il protocollo di contesa inevitabilmente aumenta i tempi di attesa e può generare



collisioni, con una **riduzione della banda effettiva** più che lineare al crescere del loro numero; la banda effettiva non è quindi nota a priori, e quindi non ha senso parlare di banda garantita.

Fare un paragone fra due tecnologie molto diverse a livello di banda teorica lorda non ha senso, poiché questa tiene conto proprio della tecnologia impiegata. Conviene piuttosto fare un paragone sulla banda che effettivamente si raggiunge con una trasmissione dati.

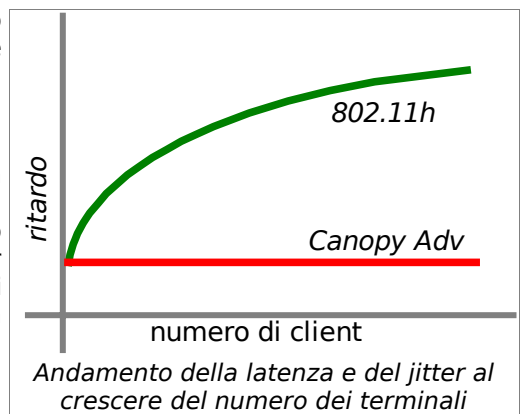
Per gli apparati Canopy e Canopy 400 la gestione degli intervalli è demandata al controllore, e quindi non vi sono mai tempi di attesa. Non vi è quindi l'idea di una banda lorda teorica, ma solo di una **banda che effettivamente** un singolo modulo controllore può gestire: ad esempio, un singolo modulo controllore Canopy 400 gestisce realmente 21Mbps, che su un cluster omnidirezionale composto da 6 moduli diventano 126Mbps. Questa banda effettiva è da dividere matematicamente con il numero di terminali, in modo da ottenere la **banda garantita**. Ad esempio, avendo 3 client collegati ad un singolo modulo controllore, abbiamo 7Mbps di banda garantita su ogni terminale, e 21Mbps di banda effettivamente raggiungibile da un client quando gli altri 2 non trasmettono.



Latenza, jitter, Quality of Service

Gli apparati WiFi sono dotati di una **latenza variabile** (il tempo che impiega il sistema a trasmettere un pacchetto dati), poiché deriva dal funzionamento del protocollo CSMA/CA. La latenza inoltre aumenta all'aumentare del numero di terminali connessi ad un controllore.

Gli apparati MotoWi4 hanno una **latenza fissa**, predeterminata a seconda del modello. Inoltre sui modelli PTP OFDM questa latenza è simile ai sistemi radio sincroni PDH/SDH. Questo significa che il jitter (la variazione di latenza) è molto basso per questi apparati, ed è più elevato sui sistemi WiFi. Un valore di **jitter elevato** intacca in particolar modo i sistemi di telefonia dati (**VoIP**), i sistemi di **streaming** e applicazioni realtime.



Inoltre, essendo un sistema rigidamente dettato dai controllori, il sistema Canopy può allocare in modo inequivocabile un tempo di trasmissione per i dati ad alta priorità per la **QoS**. Questo non è in verità possibile sui sistemi WiFi, poiché essi implementano un sistema di tempi di attesa più breve per queste comunicazioni, ma che in scenari con diversi terminali che debbano trasmettere dati ad alta priorità possono collidere e perderli.

Confronto tabellare delle caratteristiche salienti

	802.11b/g 2.4GHz	802.11h 5.4GHz	Canopy 2.4, 5.4GHz	Canopy 400 2.4, 5.4GHz	PTP OFDM 5.4GHz
<i>Topologia</i>	PMP	PMP	PMP e PTP	PMP e PTP	PTP
<i>Modulazioni radio</i>	DSSS, OFDM	OFDM (64QAM)	2FSK, 4FSK	OFDM (64QAM)	OFDM (256QAM)
<i>Protocollo di contesa del canale</i>	CSMA/CA	CSMA/CA con Channel Reservation	TDMA, TDD	TDMA, TDD	TDD
<i>Max numero di AP adiacenti</i>	3	11	256	256	
<i>Banda effettiva</i>	Non nota a priori, max 20Mbps	Non nota a priori, max 20Mbps	7Mbps 14Mbps	21Mbps	Variabile, max 300Mbps
<i>QoS</i>	limitato	limitato	si	si	si
<i>Ritardo RTT</i>	Variabile almeno 6ms	Variabile almeno 6ms	Fisso 20ms e 6ms	Fisso 6ms	Fisso 6ms e 1ms
<i>Distanza max in LoS in normativa</i>	Centinaia di metri	Qualche kilometro	16km	8km	80km