

I termini dB, dBi e dBm, pur facendo capo alla stessa unità di misura non identificano la stessa quantità e non sono intercambiabili tra loro; dB e dBi rappresentano guadagni – o perdite, se negativi che utilizzano un diverso termine di riferimento, mentre dBm è una misura di potenza, ne tratteremo diffusamente.

Partiamo quindi dalla considerazione che ha stimolato questo scritto: si leggono inserzioni in cui vengono vendute antenne caratterizzate da guadagni straordinari. Cerchiamo di capire meglio l'argomento, per non fare confusione tra dB, dBi e dBm ed evitare che qualcuno faccia tesoro della nostra confusione...

ANTENNE Wi-Fi

Il guadagno di un'antenna è generalmente espresso in dB, si tratta di una misura logaritmica utilizzata per definire le perdite (o attenuazioni, se di segno negativo) oppure i guadagni (se di segno positivo).

Vediamo alcuni esempi. 20 dB corrispondono a un guadagno di 100 volte (il valore si ottiene calcolando il logaritmo di 100, che corrisponde a 2 perché 10 al quadrato fa 100, e moltiplicando il risultato per 10). Ciò vuol dire che se il nostro access point (o qualunque altro trasmettitore) eroga una potenza di 100 mW (20 dBm), la potenza effettivamente irradiata (erp) da un'antenna che guadagna 20 dB, solo nella direzione preferenziale, sarà pari a 10 W (0,1 per 100 = 10), ovvero 40 dBm.

L'antenna non produce potenza – questa precisazione è molto importante – non avendo una fonte di alimentazione da cui trarre energia (a parte quanto le arriva dal cavo coassiale), non può amplificare nulla, semplicemente si limita a concentrare la potenza disponibile in una sola direzione. Se è più efficiente (quindi guadagna di più) la zona in cui si ha il massimo rendimento sarà più piccola, quindi il puntamento dovrà essere più preciso. La larghezza di questa zona è espressa in gradi e comprende l'angolo in cui l'antenna fornisce il massimo guadagno con una perdita di 3 dB (-3 dB, dato che è una perdita), che corrispon-



Figura 1: antenna Yagi 23 elementi per Wi-Fi.

dono alla metà della potenza.

Un'antenna che guadagna 10 dB potrebbe avere una apertura del fascio a -3 dB pari a 40 gradi (sono valori ragionevoli, ma assolutamente casuali), ciò vuol dire che nella direzione preferenziale guadagna 10 dB, ma 20 gradi a destra (o a sinistra) l'antenna ne guadagna solo 7. Calcoliamo di nuovo: 100 mW dell'AP su un'antenna da 10 dB corrispondono a 1 W erp... ma 7 dB corrispondono a 0,5 W erp, dunque il rendimento dell'antenna al bordo del fascio utile è pari alla metà. Perciò è necessario orientarla molto bene!

Un'antenna di tipo Yagi è la classica direttiva usata praticamente su tutte le bande, dalle enormi antenne per onde corte, fino alle minuscole Yagi per SHF (quindi anche per Wi-Fi). Esternamente essa somiglia a una scaletta, ogni piolo è un elemento ed è il fattore che distingue l'antenna: una 10 elementi avrà dieci pioli. Le antenne TV sono spesso di questo tipo, anche se sono molto utilizzate quelle a pannello (utilizzate anche in Wi-Fi: è il pannellino, pannellare o biquad).

L'antenna Yagi deve il suo nome a uno dei due ricercatori giapponesi, Yagi e Uda, che la idearono negli anni Venti del secolo scorso.

Attualmente esistono software, ma anche semplici fogli elettronici, che permettono il calcolo veloce e affidabile delle caratteristiche di un'antenna. Con essi è possibile verificare anche i dati di etichetta di un'antenna già assemblata (si veda ad esempio www.users.bigpond.com/darren.fulton/yagi/DL6WU-3.xls).

La lunghezza dell'antenna Yagi è proporzionale al suo guadagno; per avere una idea di massima il guadagno aumenta di 3 dB raddoppiando la lunghezza dell'antenna. Per l'uso nelle reti Wi-Fi, a 2.450 MHz la lunghezza d'onda è di circa 12 centimetri (300 diviso 2,445 = 122 mm), e si utilizzano antenne long Yagi, cioè antenne non accorciate (sono già corte).

Un'antenna la cui lunghezza è pari alla lunghezza d'onda guadagna 9 dB, che



Figura 2: l'antenna nel cerchietto rosso è una doppia biquad.

salgono a circa 12 dB per due lunghezze d'onda, 14 per quattro, ecc. Con una certa approssimazione è un calcolo corretto. Una Yagi lunga un metro guadagna circa 16 dB, poco meno di 19 dB una lunga due metri. Il guadagno aumenta di circa 3 dB fino a 4 lunghezze d'onda, poi raddoppiando la lunghezza si guadagna in po' meno, poi ancora meno, fino a circa 8 lunghezze d'onda.

Una Yagi in banda Wi-Fi è utilizzabile fino a uno o due metri di lunghezza, poi

l'ingombro rispetto al guadagno diventa più difficile da gestire ed è conveniente ricorrere a una parabola. Il calcolo è valido sulla carta. In teoria una Yagi da due metri a 2.450 MHz guadagna poco meno di 19 dB. Se l'antenna è stata costruita a regola d'arte, se non ci sono troppe perdite nell'adattatore di impedenza tra il cavo e il dipolo, se il cavo di discesa ha una perdita trascurabile potremmo avvicinarci molto a questo valore. Di solito la realizzazione di una Yagi è una

operazione complessa anche dal punto di vista meccanico e difficilmente potrà essere realizzata in casa, anche se esistono soluzioni adatte al montaggio (e all'uso) casalingo partendo dalla mini Yagi montata sul bastoncino del gelato fino a quella su circuito stampato.

Si legge di antenne che guadagnano 17 dBi! Da dove spunta quella "i" dopo dB? Si tratta di un riferimento al dipolo isotropico. Spieghiamoci meglio:

Il guadagno di un'antenna, espresso in dB (come abbiamo appena visto) si riferisce al guadagno rispetto al dipolo, l'antenna base, la più semplice che si possa costruire. Possiamo paragonarla all'antennina originale del nostro access point, se l'aprite vedrete un tubicino con un pezzetto di filo che spunta (molto più corto della plastica esterna). Questa antenna è paragonabile al dipolo e guadagna 0 dB, cioè nulla. Il dipolo posto in verticale (come quello dell'AP) ha un diagramma di radiazione che è per forma paragonabile a una ciambella, emette in tutte le direzioni attorno al proprio asse (dove la ciambella ha il buco), ma emette molto meno (quasi nulla) in direzione dell'asse stesso, cioè non emette nulla sopra e sotto di sé mentre emette attorno a sé.

E QUESTO È IL DIPOLO VERO

Analizziamo ora il dipolo isotropico. Si tratta di una falsa antenna, una simulazione in cui una ipotetica antenna, che per definizione ha la forma di un punto, emette in modo uguale in qualsiasi direzione. Ha un diagramma di radiazione di forma sferica, come una lampadina accesa al buio che illumina dovunque con la stessa luce.

Dunque l'antenna isotropica non esiste, è impossibile costruirla, e servirebbe decisamente a poco. È soltanto un comodo riferimento. Infatti il dipolo vero, la nostra antennina dell'AP (che guadagna 0 dB sul dipolo) possiede un guadagno di 2,1 dB sul dipolo isotropico. Bene, ho aumentato di due dB il guadagno della mia antenna semplicemente cambiando il termine di paragone! È tutto esatto, non esagero sul guadagno, ho semplicemente adottato un ri-

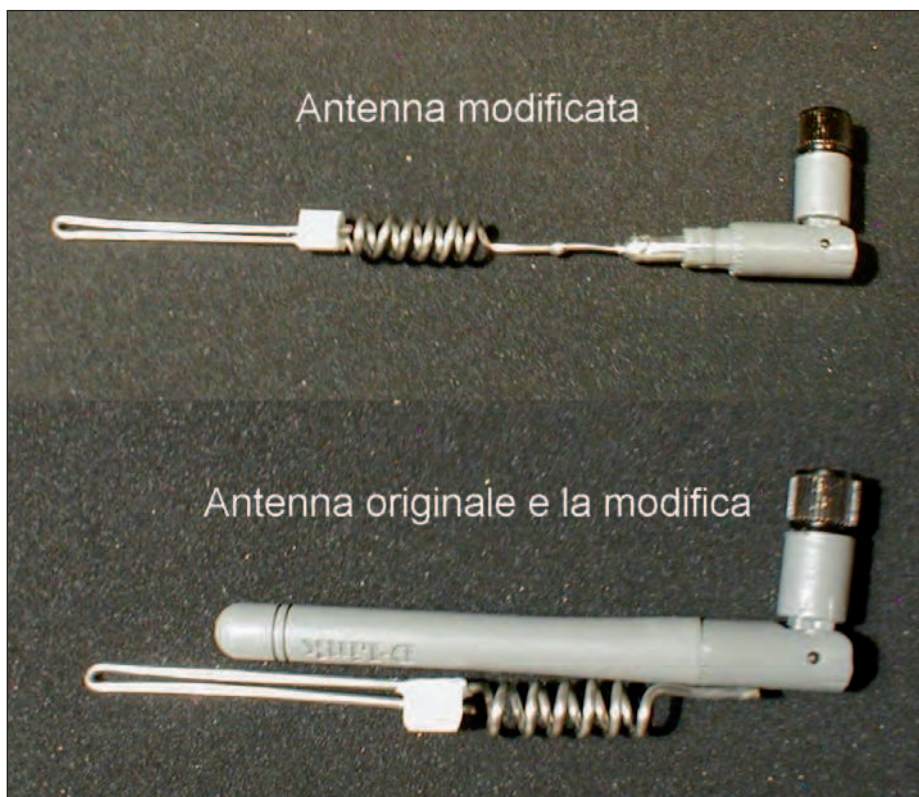


Figura 3: l'antenna originale AP e la sua modifica.

ferimento che si trova a -2,1 dB rispetto al dipolo!

Questo trucco è spesso utilizzato. Molte antenne in vendita on line, in Cina come in Italia o in Polonia, al supermercato come nel negozietto sotto casa, sfruttano questa confusione. Se avete davanti a voi le caratteristiche di un'antenna, la prima cosa da fare è togliere almeno 2 dB dal guadagno dichiarato. Con questo riferimento la nostra long Yagi lunga due metri guadagna ora 21 dBi, poco meno di una parabola! Per contro ci si è inventati il **dBd**, ovvero il guadagno in dB sul dipolo.

E i **dBm**? questa volta non è un riferimento utile ai furbi, ma un sistema per misurare la potenza. 1 dBm corrisponde a 1 mW (un milliwatt, un millesimo di watt), da questo riferimento si sale con i valori positivi, se si tratta di un guadagno, con i numeri negativi se si tratta di una attenuazione. In genere la potenza emessa dalle schede Wi-Fi e dagli access point è espressa in dBm; 20 dBm corrispondono a 20 dB sopra in riferimento di

1 dBm, quindi 100 volte 1 mW, 100 mW appunto.

10 dBm corrispondono a 10 mW, 17 dBm sono 3 dB meno di 20 dBm, quindi la metà (50 mW). La schedina PCI che sto utilizzando è da 15 dBm (circa 35 mW). Questo per quanto riguarda la potenza in trasmissione.

In ricezione abbiamo a che fare con valori di potenza enormemente più piccoli

TABELLA 1:

RG174	2 dB/m
RG58	1 dB/m
RG213	0,6 dB/m
H155	0,5 dB/m
RF5	0,5 dB/m
RF240	0,39 dB/m
AIRCELL	0,38 dB/m
LMR400	0,22 dB/m
AIRCOM	0,21 dB/m
CNT600	0,14 dB/m

Caratteristiche dei principali cavi coassiali.

li, senza i dBm sarebbe difficile cavarsela, a meno di non avere a che fare con numeri con 10 zeri a destra della virgola. Un buon telefono cellulare ha un limite di sensibilità con cui è possibile avere una comunicazione utilizzabile pari a $-100 / -102$ dBm; gli access point e le schede Wi-Fi non sono così ben fatte: una buona scheda PCMCIA ha una sensibilità dichiarata di -82 dBm, con cui fornisce un transfer pari a 11 Mbit, che si abbatte a 1 solo Mbit se il segnale passa a -94 dBm. Siamo ancora 10 o 20 dB sotto la soglia di un buon telefonino.

Ora sono reperibili "penne Wi-Fi" ad alta potenza con un ricevitore più performante, ancora nulla di paragonabile a un buon ricevitore professionale, con limiti a $-130 / -135$ dBm, oppure di un ricevitore GPS di ultima generazione con sensibilità che sfiorano i -160 dBm. Questi ultimi non sono oggetti professionali, si tratta di ricevitori che troviamo normalmente in vendita in rete, o nei supermercati, il cui prezzo oscilla intorno ai 50 euro. D'accordo, ma perché questo discorso? Perché i dB di guadagno delle due antenne, i dB di potenza del trasmettitore, i dB (negativi) delle perdite nel cavo, sommati ai dB di attenuazione della tratta, devono rimanere nella soglia di sensibilità della scheda Wi-Fi. Il solito esempio: L'AP è magnifico e trasmette con 17 dBm, l'antenna dell'AP guadagna 15 dB, nel cavo ne perdiamo 2, il risultato è $17 + 15 - 2 = 30$ dBm. Se il ricevitore ha una soglia di sensibilità come la scheda citata, per avere 11 Mb di trasferimento abbiamo bisogno di un segnale di -84 dBm, se anche questa possiede un'antenna analogica, che guadagna 15 dB, ma nel cavo perde 6 dB avremo: $15 - 84 - 6 = -75$ dBm. Se la tratta di spazio che vogliamo attraversare fornisce una attenuazione pari o inferiore a -105 dBm ($75 + 30$) avremo un link che funziona secondo i nostri desideri; se l'attenuazione è solo poco più alta avremo un link mediocre; se è molto più alta... non avremo alcun link! Ecco perché è così importante avere ben chiaro che cosa stiamo leggendo. Perché il range di una buona scheda si



Figura 4: una biquad realizzata su un ritaglio di lamiera di ferro; l'antenna è di ottone.

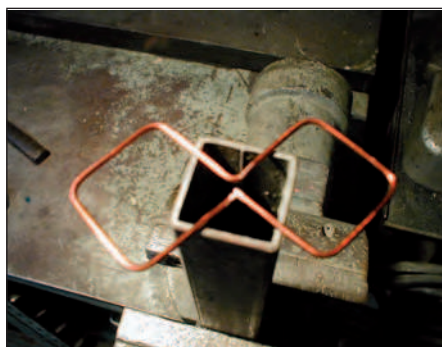


Figura 5: un'altra biquad sulla maschera di piegatura, questa è in filo di rame.

estende per appena 12 dBm in cui passiamo da un ottimo segnale a un segnale pessimo. Solo 12 dB, quanto il guadagno (vero) di una Yagi da 10 elementi, lunga 40 centimetri. Consideriamo che lo stesso parametro di un ricevitore di qualità può sfiorare i 95-98 dB. A tutti gli effetti il ricevitore della scheda Wi-Fi del PC, o dell'access point, è paragonabile a poco più di un ricevitore per telecomando. In questo esempio abbiamo utilizzato valori assolutamente casuali; esistono in rete software e tabelle da cui si possono ricavare le attenuazioni nello spazio libero (http://www.swisswireless.org/wlan_calc_it.html), quando le due antenne sono in visibilità ottica. Diverso è il discorso se tra le due antenne esistono ostacoli la cui natura potrebbe non essere immediatamente valutabile. Un muro, ad esempio, potrebbe essere

semplicemente un mattone intonacato dai due lati e potrebbe fornire un'attenuazione modesta; lo stesso muro potrebbe contenere elementi metallici, non solo fili elettrici o tubi dell'acqua, ma anche reti (metalliche) di supporto per le piastrelle, oppure una libreria metallica potrebbe essere appoggiata dall'altra parte del muro. Il vetro di una finestra potrebbe essere spesso solo alcuni millimetri, oppure molto di più. Potrebbe contenere metallo (i vetri colorati sono ottenuti aggiungendo alla pasta di vetro piccole quantità di ossidi metallici), così come potrebbe essere un vetro di sicurezza, con una rete metallica all'interno, che lo renderebbe praticamente invalicabile. L'attenuazione fornita da un ostacolo non è quantificabile con precisione se non dopo aver stabilito un link. Da questa prima valutazione sarà sempre possibile un miglioramento. Escludendo di intervenire sulla potenza di trasmissione dei componenti, l'unica strada percorribile è rappresentata dall'intervento sulle due antenne.

ALCUNE REGOLE PER VALUTARE CON CURA I NOSTRI ACQUISTI

- Un'antenna Yagi lunga 40 cm corrisponde a poco più di 3 lunghezze d'onda, guadagna circa 11 dB, ovvero 13 dBi. Raddoppiando la lunghezza (6 lunghezze d'onda, diciamo 70 centimetri) passia-

mo a 14 dB, ovvero 16 dBi.

- Analogo discorso per le **antenne verticali omnidirezionali**, il cui guadagno si ottiene schiacciando la ciambella del diagramma di radiazione. Anche qui il guadagno aumenta di circa 3 dB ogni volta che raddoppiamo la lunghezza (è un calcolo approssimativo, ma ragionevolmente). Ecco che i primi dB si aggiungono facilmente, poi diventa problematico. Una piccola collineare da 13 cm guadagna facilmente 5 dB (7 dBi); per passare i 10 dB è necessario arrivare a lunghezze meno comode, circa 60 centimetri.

- **Un'antenna è sempre realizzata** con materiale conduttore, rame o alluminio. L'inno ha ottime caratteristiche meccaniche, ma quelle elettriche lasciano a desiderare, l'ottone ha ottime caratteristiche elettriche, ma con il freddo diventa fragile e durante l'inverno si rischia di trovare l'antenna sbriciolata da un piccione.

In rete è reperibile un foglio elettronico **DL6WU-3** (www.users.bigpond.com/darren.fulton/yagi/DL6WU-3.xls) con cui è possibile calcolare un'antenna Yagi, oppure verificarne il guadagno. Se è impiegato per il calcolo è bene sapere che i risultati forniti non sono ottimizzati, ciò significa che per un'antenna di quelle dimensioni fisiche sono possibili miglioramenti, ovvero è possibile ottenere qualche frazione di dB in più.

- **Attenzione al cavo di discesa.** Un metro di RG58 perde a 2.400 MHz poco più di 1 dB. Dopo aver fatto tanta fatica a racimolare dB con l'antenna è un peccato perderli con il cavo! Scartando a priori l'uso di RG174 (quello piccolo), l'RG58 sarà utilizzato solo per poche decine di centimetri, magari per l'adattatore RSMA - N (il pigtail). Prevediamo sin dall'inizio l'uso di un cavo più performante, H155 o RG213, e anche qui per discese molto brevi. I tratti più lunghi in gamma Wi-Fi devono essere coperti con il cavo ethernet, non con il cavo di antenna.

- **Distanza.** Qualsiasi antenna NON deve avere ostacoli vicini, la distanza di sicurezza tra un'antenna e l'altra, anche per frequenze diverse come potrebbe avvenire per l'antenna Wi-Fi e l'antenna TV, è di mezza lunghezza d'onda: a 2.450 MHz la lunghezza d'onda è di 12 cm, dun-



Figura 6: una cantenna in fase di realizzazione.

que è necessario che sia posta a distanza opportuna con riferimento alla frequenza di utilizzo dell'altra antenna (sicuramente sarà una frequenza più bassa, dunque una lunghezza d'onda maggiore).

Antenna Wi-Fi e antenna TV vanno tenute almeno a 40 cm di distanza, per non dar fastidio all'antenna TV, non alla Yagi Wi-Fi!

- Qualsiasi antenna, di qualsiasi tipo, **NON va mai puntata verso un ostacolo.** Una Yagi che punta un palo posto a meno di qualche metro da lei è una Yagi sostanzialmente inutile, ma anche una verticale posta a un palmo da un mobile metallico serve a poco.

L'antenna della **figura 1** è composta da 23 elementi e guadagna (sulla carta) 16 dB (18 dBi); è lunga un metro, a cui si aggiunge il supporto per fissarla al palo (circa 15 cm). Il fascio utile (a -3 dB) è stimato a 24 gradi. Risulta evidente che se un'antenna è lunga 50 cm, compresa la staffa del palo, non potrà essere in realtà più lunga di 40 cm: dunque 11, forse 12 dB, certamente non 18!

Con altri accorgimenti è possibile limare qualche ulteriore *piccolo* guadagno. Per aggiungere 3 dB è necessario raddop-

piare l'antenna, oppure accoppiarne due identiche. Non c'è altro modo. Se non basta per le vostre necessità è bene buttare la Yagi e pensare all'acquisto di una parabola.

A questo proposito è bene chiarire un concetto, l'antenna è sempre progettata per una frequenza specifica. Esistono tipologie di antenne "a larga banda", ma il loro funzionamento su uno spettro più ampio di frequenze viene pagato con performance in termini di guadagno decisamente inferiori, per questo l'uso in gamma Wi-Fi è decisamente sconsigliato. Questa affermazione non deve confondere, l'uso di parabole TVsat "riciclate" per Wi-Fi è comune, si tratta di utilizzare la parabola semplicemente sostituendo l'illuminatore originale TV con una piccola antenna che di solito è una biquad, o un pannellino, oppure una Cantenna (il barattolo). Nel caso delle parabole infatti l'antenna vera e propria è quella che sta nel fuoco della parabola, la quale assume a tutti gli effetti la funzione di specchio. La geometria e il funzionamento di uno specchio parabolico, o di una porzione di questo, come è di solito per le offset TVsat, segue regole del tutto analoghe a uno specchio ottico.



Smarter wireless.
Simply.

FINO AL 70% DI SCONTO
SUGLI STARTER KIT
PER I PARTECIPANTI !!

IQRF **Wireless** Challenge

Design Contest

Mettiti alla prova su
www.iqrf.org/contest



CODICE MIP 2818628

Crea un nuovo progetto con la
comunicazione wireless e vinci
premi per un valore di **10000 USD**

Premio in denaro 6000 USD

La registrazione parte il 1° Dicembre 2011

IQRF è una tecnologia completa per la connettività RF

▶ Cimentati con i moduli transceiver intelligenti TR-5xB con sistema operativo a bordo, e il supporto di IQMESH

▶ Costruisci la tua rete **Wireless Mesh** con facilità

Molto facile da implementare 868 MHz o 916 MHz

35 μ A Rx!

Questo contest è stato organizzato con il patrocinio di:

- ▶ IARIA – International Academy, Research, and Industry Association
- ▶ Ministry of Industry and Trade of the Czech Republic



IQRF è distribuito in Italia da
Inware
Providing innovation
www.inware.it

Il guadagno fornito da una parabola è dipendente dalle sue dimensioni e dalla frequenza di utilizzo. Maggiore la frequenza, più la parabola è proporzionalmente grande e più guadagna. Un esemplare da 80 cm, dimensione tipica TVsat, fornisce in gamma Wi-Fi da 23 a 25 dB di guadagno. È bene notare che a frequenze tanto alte la parabola potrebbe non essere piena, ovvero potrebbe tranquillamente essere formata da una rete a maglie sufficientemente fitte. Di questo tipo sono le antenne che comunemente chiamiamo gregoriane. Anche se, in effetti, la gregoriana è una parabola con un subriflettore, spesso toroidale, che serve a creare una linea di fuoco dove di solito c'è un punto di fuoco (si veda http://it.wikipedia.org/wiki/Antenna_parabolica) nel nostro uso la gregoriana è semplicemente una parabola in cui il riflettore è costituito da una rete metallica. Il suo rendimento è comunque paragonabile a una parabola "piena". La differenza di guadagno è minima e certamente la rete è più vantaggiosa, si nota meno e il vento non la impegna particolarmente. Una parabola da 3 piedi, circa un metro, guadagna a 2,4 GHz circa 24 dB, che arrivano a 32 se la si utilizza in gamma 5 giga.

REALIZZAZIONE DI ALCUNE ANTENNE

Le antenne non sono altro che "pezzi di metallo", dunque con un minimo di attrezzatura meccanica, trapano, seghetto, lima e un banchetto dotato di una piccola morsa su cui lavorare, è possibile realizzare un'antenna analoga a qualsiasi prodotto commerciale. Nello specifico però stiamo parlando di antenne per Wi-Fi, non antenne CB, dunque la precisione deve essere buona, è necessario contenere gli errori sotto al millimetro. È chiaro che una buona manualità aiuta nell'impresa! Viste le premesse, le antenne Yagi, di cui si è parlato fino a ora, sono le meno adatte per chi vuole iniziare la carriera di autocostruttore di antenne Wi-Fi. Oltre alla precisione, che è richiesta da tutti i tipi di antenne, le Yagi hanno bisogno di un adattatore di impedenza (balun) di solito realizzato con uno spezzone di

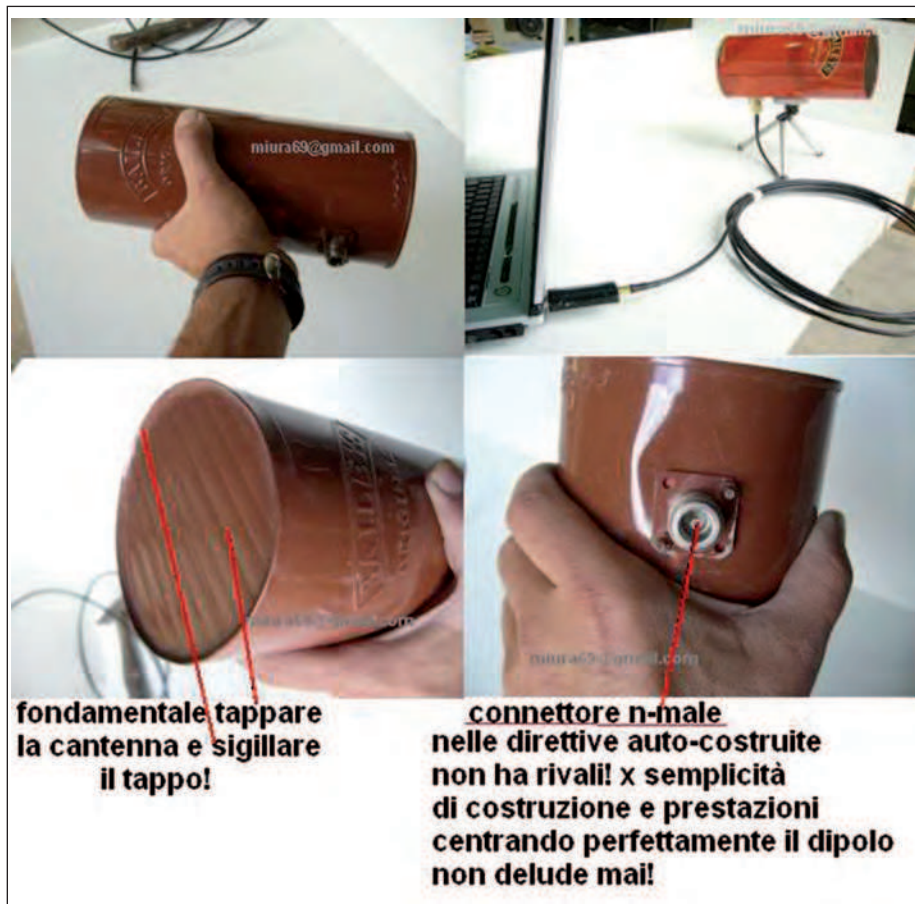


Figura 7: indicazioni per una cantenna.

cavetto da 50 ohm, lungo $\frac{1}{2}$ onda elettrica (40 mm di RG58 a 2.445 MHz).

Per questo motivo partiremo con la realizzazione di due antenne, una direttiva biquad (la farfallina) e una omnidirezionale collineare. La direttiva fornisce un guadagno paragonabile a una Yagi lunga una ventina di centimetri, mentre la collineare è la copia (!) di prodotti commerciali spacciati per guadagni da 7 a 9 dBi. È lunga circa 15 centimetri e un guadagno di 4 dB è ragionevole. Basta qualche ricerca in Rete per trovare decine di realizzazioni; spiccano quelle del gruppo di Cagliari e di quello dei colleghi Napoletani, poi ecco l'antenna di Paolo Pitacco (pubblicata su RadioKit 04/2006: *Doppia twinquad, a doppio otto, per traffico via satellite* www.iw1axr.eu/articoliEF/doppiabiquad.pdf).

Ho realizzato una sola delle due antenne descritte. Il connettore posteriore è un N, il riflettore è un ritaglio di lamiera di alluminio grosso quanto un foglio A5, per la

realizzazione pratica rimando all'articolo originale. In Rete si trovano innumerevoli realizzazioni analoghe, la realizzazione di questo tipo di antenne è molto semplice. Il materiale impiegato è del filo di rame o di ottone, il diametro è di 2 mm, ma è consentita una certa tolleranza: 1,5 mm risulta essere piuttosto fine e si rischia di piegare inavvertitamente l'antenna appena realizzata, mentre 2,5 mm è più difficile da lavorare. L'ottone è più fragile, cosa che comporta qualche difficoltà in più in fase di piegatura, però conduce il calore peggio del rame, cosa che ne facilita la saldatura. Inoltre è reperibile, spesso sotto forma di leghe diverse, ma ugualmente valide per i nostri scopi, sotto forme di bacchette per saldatura. Con un diametro da 1,5 a 2,5 mm e una lunghezza di 50 cm costano pochi centesimi e sembrano fatte apposta. La **biquad (o twinquad)** è formata da due quadrati uniti a un vertice, dove si trova l'alimentazione che è già adattata ai canonici 50 ohm. Il radiatore è

formato da un doppio loop a onda intera, dunque formato da 4 lati da $\frac{1}{4}$ di onda, alimentato al centro direttamente a 50 ohm tramite il cavo coassiale, dunque non richiede alcun adattatore di impedenza. Due calcoli: a 2.450 Mhz la lunghezza d'onda è pari a 122 mm ($300 / 2450 = 0,1224$), dunque è questo lo sviluppo che dovrà avere ognuno dei due quadrati che formano l'antenna. Essendo un quadrato, ogni lato è lungo $\frac{1}{4}$ d'onda, dunque 30,6 mm. Questo è il calcolo teorico, dunque il lato dei due quadrati che forma la biquad deve essere pari a 30 mm. In realtà il diametro del filo ha valori importanti, in termini di lunghezza d'onda, e questo allarga la banda di funzionamento dell'antenna e ne abbassa un pochino il guadagno teorico. Dunque un'antenna formata da filo di 2 mm di diametro con il lato interno pari a 29 mm (il lato esterno sarà di 33 mm, ovviamente) potrebbe funzionare ugualmente bene da 2.300 a 2.600 MHz circa. Una differenza di un solo millimetro sul lato dei quadrati porta uno "spostamento" della frequenza di risonanza dell'antenna di circa 100 MHz. Per piegare il filo in modo corretto è necessario impiegare un pezzetto di profilato quadrato in ferro di 30 x 30 mm

(anche se, alla luce di quanto appena esposto, un quadrato da 29 x 29 mm sarebbe più adatto) che utilizzeremo come maschera per piegare il filo. Utilizzando filo da 2 mm e una maschera quadrata di 30 mm di lato otteniamo infatti le misure adatte alla nostra antenna Wi-Fi. Da una di queste antenne ci si può ragionevolmente aspettare un guadagno da 9 a 10 dB. Da qui sono possibili variazioni sul tema: i quadrati possono diventare 4, raddoppiando le dimensioni raddoppia il guadagno, ovvero il guadagno aumenta di 3 dB; utilizzando due antenne gemelle, con adeguato adattatore di impedenza, il guadagno sale di altri 3 dB, arrivando a 16 dB (18 dBi, se fossimo commercianti scaltri). Se l'antenna deve essere collocata all'esterno la chiuderemo in una scatola per impianti elettrici, resa stagna con del silicone (con parsimonia, alla radiofrequenza non piace il silicone) e montata in polarizzazione verticale (con il lato lungo in orizzontale si ottiene la polarizzazione verticale, standard per Wi-Fi). In rete sono rintracciabili molte realizzazioni, alcune curiose riguardo la scelta del materiale, particolarmente quella del collega che ha utilizzato un CD Spindle quale supporto e contenitore e un vecchio

CD quale riflettore (http://www.wifi-ita.com/index.php?option=com_content&task=view&id=26&Itemid=45).

L'antenna originale AP è un dipolo coassiale lungo $\frac{1}{4}$ d'onda, dunque il "lato caldo" è lungo circa 30 mm (come il lato della biquad, ovviamente). È possibile modificarlo e aumentarne la resa di circa 4 dB, ottenendo un'antenna assolutamente analoga a una commerciale di solito "spacciata" per 7 dBi (con la trovata dell'utilizzo di dBi al posto di dB). L'antennino originale non guadagna nulla, è un dipolo, mentre in dBi ne guadagna 2,1.

L'antennina originale è stata smontata sfilando la parte terminale in gomma. Sotto si nasconde il dipolo coassiale, si tratta di un radiatore a $\frac{1}{4}$ d'onda posto su un tubicino della stessa lunghezza che è infilato sul cavo coassiale che fa capo al connettore. Per la modifica occorre procurarsi 18-20 cm di filo di rame argentato (o smaltato) del diametro di 1,2 mm. Realizziamo 6 spire su 5 mm, la lunghezza dell'avvolgimento deve essere pari a 25 mm (le spire sono egualmente spaziate per circa 4 mm). Oltre la bobina sagomiamo un dipolo ripiegato lungo 62 mm (ovvero $\frac{1}{2}$ lunghezza d'onda); la distanza tra i due fili deve essere 2 mm circa (il filo è tenuto a distanza da un anellino di dielettrico del cavo coassiale). Utilizzando l'antenna originale quale supporto, tagliamo lo stilo (il polo caldo) in modo che tra la fine del tubicino (la parte fredda del dipolo) e l'inizio della bobina rimangano 22 mm. Questa antenna è semplicemente la copia di un prodotto commerciale "spacciato" per 7dB iso. Se il guadagno reale è intorno a 4 dB possiamo essere soddisfatti del lavoro svolto. L'antenna modificata andrà protetta da un tubicino di plastica. Per la modifica dell'antenna originale sono necessari pochi minuti, la resa è sensibilmente migliore e il costo è in pratica nullo. Durante le prove è stata realizzata una twinquad, i classici due quadrati collegati su un vertice, da abbinare all'access point. L'antenna è realizzata con filo di ottone da 2 mm. Si tratta di un'antenna singola a "otto", il cui guadagno dovrebbe attestarsi tra gli 8 e i 10 dB. Il lato interno del quadrato è pari a 30,5 mm, mentre la distanza dal ri-



Figura 8: antenna con l'antennino del device inserito all'interno, soluzione veloce e efficace.

flettore (un ritaglio di lamiera zincata che deriva dal guscio di una vecchia autoradio da 62 x 130 mm) è pari a 18 mm. Sul l'access point sono state testate queste tre antenne: lo stilo originale ha fornito una "performance" del 34-38%; lo stilo modificato il citato 42-46%; mentre utilizzando il pannellino appena descritto si è saliti a un più rassicurante 50-54%, segnale definito "buono" dal driver, e il trasferimento è salito da 18-24 Mbit a 36 Mbit.

L'articolo originale è rintracciabile a questo indirizzo: http://www.is0grb.it/wifi/antenne/stilo_7db/index.htm e questo è il link del prodotto originale, tanto per confrontare i dati:

<http://www.shop4thai.com/en/product/11272/>.

ALTRE ANTENNE

In gamma Wi-Fi, 2.445 MHz circa, siamo già in gamma "microonde", ma siamo ancora vicini al limite basso, ovvero si possono utilizzare sia antenne "normali" quali le Yagi, i biquad (la farfallina), le prime in uso già dalle onde corte a salire fino alle antenne TV, le seconde utilizzate prevalentemente dalle VHF/UHF in su, ovvero la configurazione tipica di un pannello TV a larga banda.

Per le omnidirezionali abbiamo sia il dipolo coassiale (l'antennino originale dell'AP), sia collineari, antenne tipiche delle VHF e UHF e di solito realizzate con dipoli a filo oppure direttamente con spezzoni di cavo coassiale opportunamente tagliati e saldati. Da qui passiamo alle antenne tipiche delle microonde, dunque la Cantenna (il barattolo), che è un'antenna a guida d'onda, la versione omnidirezionale è poco diffusa (per la difficoltà meccanica a effettuare le "fessure" di uscita del fascio di microonde), fino alle citate parabole che iniziano ad avere un guadagno rilevante rispetto alle antenne ad elementi parassiti (le Yagi, insomma).

Questa rappresenta, insieme alla biquad, l'antenna più facile da costruire. Attenzione però, l'antenna va sempre e comunque realizzata con cura e con estrema precisione, altrimenti, semplicemente, non funziona!

LE COSE VENGONO MALE DA SOLE, NON È NECESSARIO FARLE MALE

Per le antenne questa è una verità assoluta, in gamma Wi-Fi basta una "trascuratezza" di un paio di millimetri per buttare tutto. Uno degli errori più comuni è il collegamento tra il cavo coassiale e l'antenna, un centimetro di cavo "scoperto", ovvero aperto, non più coassiale, fa esso stesso da antenna e impedisce il funzionamento dell'antenna vera e propria. La massima tolleranza è sempre intorno al millimetro. Questo tipo di connessione dovrebbe essere lunga zero, cosa evidentemente impossibile, ma è indispensabile tenersi sempre più "corti" possibile!

L'ANTENNA A GUIDA D'ONDA, OVVERO LA CANTENNA O, SE PREFERITE, IL BARATTOLO

È sicuramente un'antenna tra le più facili da costruire, sono necessarie solo poche precauzioni e la solita precisione. Il guadagno è ragionevole e può arrivare a 12 dB "veri". Le foto che seguono ritraggono le realizzazioni del mio omonimo, Miura69, di Wi-Fi Italia, che ringrazio.

La cantenna è sostanzialmente un barattolo al cui interno sporge un "lanciatore", ovvero uno stilo lungo $\frac{1}{4}$ d'onda (30-31 mm). L'unica distanza critica è quella dal fondo del barattolo: il dipolo va posizionato a $\frac{1}{4}$ di onda dal fondo e questo deve essere lungo almeno $\frac{3}{4}$ d'onda.

E qui iniziano i problemi. Già, perché ci troviamo in una guida d'onda, non nello spazio libero, e in queste condizioni la propagazione "rallenta" e il nostro $\frac{1}{4}$ d'onda diventa più lungo di quanto ci si aspetterebbe, dunque il dipolo non è posto a 31 mm dal fondo del barattolo, ma molto più avanti. Per questo utilizziamo un calcolatore. È il diametro del barattolo che influisce sulla velocità di propagazione ed è in base a questa caratteristica che dobbiamo posizionare il nostro $\frac{1}{4}$ d'onda.

Ecco dunque il calcolatore, in italiano, <http://www.napoliwireless.net/doku/doku.php?id=antenna:cantenna> e in inglese...

<http://www.turnpoint.net/wireless/cantennahowto.html>

La scelta del barattolo è importante, deve essere di circa 85 mm di diametro. È essenziale che il barattolo sia piano, ovvero che non sia corrugato né sul fianco né sul fondo. Deve essere un barattolo liscio dovunque, senza il coperchio anteriore, la parte aperta rappresenta "l'ingresso" dell'antenna e andrà chiusa ad antenna terminata con un tappo di polistirolo o altro isolante solido il quale, oltre a riparare dalla polvere, umidità ecc. conferirà al barattolo una certa solidità. Purtroppo in commercio non sono molti i barattoli "piatti", di solito si utilizza la confezione esterna di una bottiglia di liquore o caffè, o ancora la lattina da un litro di diluente niro o trielina. Inoltre il tappo a vite (che va eliminato, così come la vite del barattolo) opportunamente privato del rivestimento metallico diventa un ottimo "tappo" per la parte anteriore della futura antenna.

L'antenna può essere aiutata da un "cono" al suo ingresso, da si ricava un piccolo guadagno aggiuntivo. La realizzazione è banale, basta praticare un foro alla distanza giusta (precisa!), montare un connettore N femmina da pannello e sul polo caldo saldare in nostro $\frac{1}{4}$ d'onda, considerando che i 30-31 mm comprendono anche quanto sporge in origine del connettore. L'unica difficoltà consiste nel realizzare il foro senza danneggiare il barattolo, che dovrà rimanere rigorosamente integro! È una delle poche occasioni in cui sostituire il connettore N con l'antennino dell'AP inserito direttamente nel barattolo a distanza giusta fornisce un guadagno accettabile. Non occorre avere preventivamente preparato il materiale necessario, successivamente sarà sempre possibile "allargare il foro" e montare il classico connettore N femmina. Una precisazione: realizzando antenne Wi-Fi sarà sempre necessario utilizzare un connettore di antenna. Le dimensioni non microscopiche, le performance e la facile reperibilità fanno pendere la bilancia per il citato connettore N. È possibile l'impiego di altri connettori, dai piccoli SMA o RSMA, fino al TNC, fratello "a vite" del solito BNC, connettore utilizzabile ma non consigliato perché siamo già al limite del suo impiego. Esistono poi connettori da non utiliz-

zare mai, per nessuna ragione, ovvero la coppia SO239 e PL259. Una cantenna realizzata con un PL al posto di un connettore N femmina non funziona affatto.

CALCOLIAMO COME FUNZIONA IL LINK

Cerchiamo di capire perché il tutto funziona calcolando il link e assegnando valori "ragionevoli". Il link è attivo, il trasferimento avviene tra 18 e 24 Mbit e il segnale fornito dalla "scala" sul programma della scheda Wi-Fi oscilla tra il 42 e il 46%. Difficile tradurre il tutto in dBm. Stabiliamo, in modo arbitrario, ma ragionevole, che il ricevitore di detti oggetti non sia un gioiello di sensibilità. Un buon cellulare (a 1.800 MHz) è in grado di stabilire una comunicazione decente con valori di segnale oltre i -90 dBm, con 84-87 dBm si ha un link ottimo e la comunicazione è più che sicura. Stabiliamo dunque che il limite della nostra scheda sia a -80 dBm, e teniamo altri 6 dB di tolleranza (vogliamo un link stabile, non un link che cada al passaggio di un piccione). Il nostro segnale è dunque all'ingresso del ricevitore con -74 dBm (80-6). L'antenna dell'access point modificata guadagna 4 dB, la doppia twinquad circa 12, la potenza di trasmissione dovrebbe essere pari a 17 dBm, dunque i guadagni positivi del link ammontano a 33 dBm (17 + 12 + 4). Un buon RG213 perde (a 2.400 MHz) circa 0,6 dB al metro, 5 metri sono 3 dB di perdita nel solo cavo, che sommati al guadagno calcolato prima forniscono 29 dBm disponibili per attraversare il "tratto di aria" e presentarsi al ricevitore con i citati -74 dBm. L'attenuazione del tratto "in aria" è dunque la nostra incognita; malgrado calcoli e tabelle ben difficilmente potremo avere la certezza del funzionamento del link prima di realizzarlo. Per una valutazione più precisa è un'ottima idea avvalersi di software per la misura del segnale, primo tra tutti il noto netstumbler (www.netstumbler.com), ma anche WirelessMon. Entrambi misurano il segnale in arrivo e forniscono il risultato in dBm. Il calcolo della resa del link è stato effettuato solo dopo averlo realmente realizzato: è comodo calcolare il funzionamento di qualcosa che si sa già che funziona! Durante le prove evitiamo l'uso di cavi eccessivamente lun-

ghi, connettori non adatti ecc. Connettori PL sono da scartare a priori (neppure da provare). BNC o TNC si possono impiegare, ma non è una buona idea. Connettori N o SMA sono ovviamente di casa e forniscono quanto ci si aspetta, anche a queste frequenze. In rete sono reperibili informazioni circa le caratteristiche del cavo utilizzato, ne ho ricavato le attenuazioni a 2.400 MHz dei cavi di uso più comune. Spostandosi verso il basso nella **tabella 1** diminuisce l'attenuazione, mentre aumentano i costi e le dimensioni del cavo. I cavi con dielettrico solido hanno più perdite del corrispondente dielettrico espanso, non a caso l'Aircell ha una attenuazione molto bassa perché il dielettrico è costruito a settori, possiede delle "camere d'aria" intervallate da supporti in polietilene. Contrariamente a quanto si pensa, i cavi in teflon hanno solo un piccolo vantaggio rispetto al corrispondente con dielettrico solido in polietilene, vantaggio che spesso è da ricercarsi nella costruzione più curata, calza (magari doppia) e polo caldo argentati. Una buona alternativa potrebbe essere una discesa costruita con ottimo cavo TVsat, con annessi connettori F (che costano poco). Non ho effettuato prove in proposito, ma ritengo che possa essere una valida sperimentazione. Il passaggio dai canonici 50 ohm ai 75 del cavo TVsat comportano un disadattamento di impedenza con relativo aumento del ROS pari a 1,7 : 1, ma il cavo con dielettrico espanso ha performance di gran lunga migliori rispetto al corrispondente a dielettrico solido. Per contro è meccanicamente più delicato e va trattato con maggior cura, evitando tassativamente qualsiasi "piega a 90 gradi". Il cavo TVsat lavora abitualmente intorno a 2 giga e il suo basso costo non dipende dalla bassa qualità del cavo, ma esclusivamente dall'elevato volume in produzione che ne abbassa il prezzo finale.

NOTE LEGALI, INDISPENSABILI!

L'opinione comune è che con la propria rete si possa fare quello che si vuole. Non è così. Il limite legale di potenza è pari 100mW erp, ovvero i soliti 20 dBm. L'acronimo inglese "erp" significa "potenza effettivamente irradiata", è questo che li-

mita l'azione. Al contrario di quanto stabilito per altri ambienti, in gamma Wi-Fi la potenza legale non dipende solo da quella fornita da AP o dal device in uso, ma anche dal guadagno di antenna. Ovvero, i 20 dBm in un'antenna che guadagna solamente 10 dB diventano 30 dBm, che sono evidentemente oltre il citato limite legale. Su questo fatto non è possibile trattare o discutere, il legislatore ha posto quel limite e a quello è necessario attenersi, se si vuole rimanere entro i termini di legge. Non finisce qui, esistono altri ostacoli. Il segnale Wi-Fi di una rete privata non deve attraversare luoghi pubblici. Qui la cosa è onestamente discutibile dato che non è possibile conoscere a priori con precisione dove finisce il segnale di una rete. Se questa è pensata per collegare in rete due PC di casa il segnale non dovrebbe essere in grado di attraversare il confine della proprietà. Si tratta di distinzioni che fanno sorridere, ma le intenzioni del legislatore sono chiare, si vuole evitare la proliferazione di "reti private" che potrebbero far concorrenza al gestore che controlla di fatto l'intera rete telefonica cablata. Ora è sufficiente? Purtroppo no! Tra le normative che limitano l'uso di queste tecnologie c'è anche il divieto di fornire servizi a terzi (anche a titolo gratuito). Dunque sulla rete Wi-Fi tra voi e il vicino di casa (magari vostro fratello) non deve "transitare" l'accesso a Internet! Riassumendo, la potenza deve rimanere a livelli molto bassi (i 100 mW, alias 20 dBm), niente segnali che oltrepassano il confine domestico e, a parte scambiare le foto delle vacanze con i parenti non è possibile trasferire altro. Ognuno faccia le proprie considerazioni.

CONCLUSIONI

In Rete spiccano le valide e interessanti esperienze di molti gruppi. L'obiettivo principale è privilegiare la distanza raggiunta, unita a una performance del link migliore possibile. Se nulla è cambiato negli ultimi tempi, il "record" italiano è di 30 Km, per merito di un collega veneto, e quello mondiale raggiunge i 220 Km. Non male per 100 mW! ◻