

Antenne Wireless: dalla teoria alla pratica passando per le patatine

Alessandro Pasta AKA Pastus
pasta.a@virgilio.it

A cosa servono le antenne ?

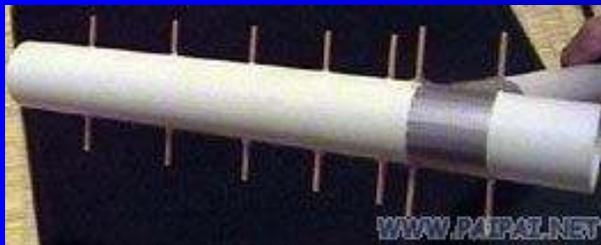
Un'antenna è un trasduttore di segnale.

Il suo compito è quello di trasformare il segnale elettrico al suo ingresso in un segnale elettromagnetico trasmissibile nell'etere e dualmente di trasformare un segnale elettromagnetico proveniente dall'etere in uno elettrico.

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

2

Perché un'antenna può assumere queste strane forme ?



Antenne Wireless: dalla teoria alla pratica passando per le patatine

Perché un'antenna può assumere queste strane forme ?

Il compito di un'antenna, come già detto, è quello di trasformare un segnale elettromagnetico in un segnale elettrico e viceversa.

La forma, le dimensioni e la grandezza di un'antenna, determina come questa trasformazione avviene, con quali rendimenti e con quali caratteristiche particolari. (come vedremo successivamente)

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

4

Perché una antenna FM non può essere utilizzato per i 2,4 Ghz ?

Tutte le antenne sono progettate per operare su particolari range di frequenza.

Il range di frequenza è determinato dalle dimensioni dell'antenna.

Ergo un'antenna per FM (88-108 Mhz) non potrà mai essere efficacemente usata per i 2,4 Ghz

E' come voler usare un cavo coassiale per ethernet a 10 Gbit

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

5

Un po' di teoria

Il concetto principe delle linee di trasmissione dati:

ADATTEMENTO DI IMPEDENZA (massimo trasferimento di potenza)

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

6

Un po' di teoria

Impedenza ???

Equivalente vettoriale in corrente alternata
della resistenza in corrente continua

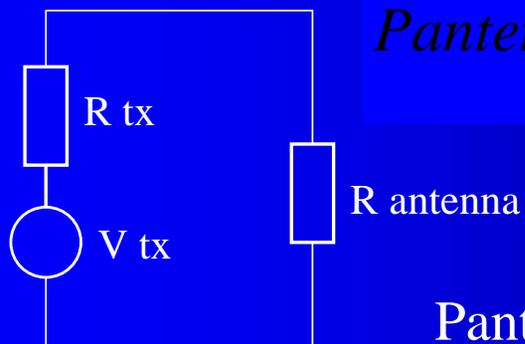
Resistenza = capacità di un componente ad
opporsi al passaggio di corrente

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

7

Un po' di teoria

ADATTAMENTO DI IMPEDENZA (ragioniamo in corrente continua)



$$P_{antenna} = R \cdot I^2 = V^2 \cdot \frac{R_{antenna}}{(R_{antenna} + R_{tx})^2}$$

Pantenna massimo quando $R_{antenna} = R_{tx}$

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

Un po' di teoria

L'adattamento di impedenza permette quindi:

- di trasferire la maggior quantità di potenza all'antenna
- di diminuire la quantità di onde riflesse e quindi la generazione di errori. (ecco perché si terminano le reti con cavo coassiale)
- di minimizzare le perdite nella linea di trasmissione.

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

9

Un po' di teoria

Lato negativo: metà della potenza del trasmettitore viene persa.

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

10

Un po' di teoria

L'impedenza è una caratteristica propria dell'antenna.

E' data dal materiale con cui è fatta, dalle dimensioni e dalla forma.

Prima spiegazione delle strane forme...

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

11

Un po' di teoria

ATTENZIONE!

Non solo le antenne hanno impedenza
caratteristica.

Anche i cavi, i connettori, etc hanno la loro
impedenza

Anche loro intervengono nell'adattamento di
impedenza

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

12

Un po' di teoria

Altro parametro importante per un'antenna è
la sua frequenza di lavoro

Anche la frequenza di lavoro è determinata
dalle dimensioni dell'antenna
Principalmente dalla sua lunghezza
equivalente.

Un po' di teoria

Per poter trasmettere efficacemente segnale
l'antenna deve essere lunga:

$$l = n \cdot \lambda / 4$$

Dove lambda è la lunghezza d'onda e n è un
numero dispari

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

14

Un po' di teoria

Tale lunghezza permette di mandare in risonanza l'antenna e quindi trasmettere il segnale

$$l = n \cdot \lambda / 4$$

Antenne Wireless: dalla teoria alla pratica passando per le patatine

15

Un po' di teoria

Perché a parità di frequenza di lavoro ho
antenne di lunghezze diverse???

ANTENNE CARICATE

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

16

Un po' di teoria

Equivalenza delle antenne



Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

Un po' di teoria

Domanda spontanea:

l'impedenza di una antenna dipende indirettamente dalla sua frequenza di lavoro. Come concilio frequenza di lavoro e impedenza uscita del trasmettitore? (esempio: impedenza uscita tx = 50Ω impedenza antenna calcolata = $3,25\Omega$)

Semplice!!!

adattatori di impedenza.

(circuiti elettrici, semplici cavi calibrati, trasformatori, etc.)

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

Un po' di teoria

Guadagno di un'antenna

Indica di quante volte è maggiore l'intensità di radiazione, nel punto considerato, dato dall'antenna in questione rispetto a quello che si otterrebbe, nello stesso punto, con un'antenna isotropa (antenna ideale).

Un po' di teoria

In pratica indica di quanto “amplifica” il segnale in un certo punto nello spazio.

Formalmente

$$G = \frac{P_{\text{isotropa}}}{P_{\text{antenna}}}$$

Antenne Wireless: dalla teoria alla pratica passando per le patatine

Un po' di teoria

Generalmente il guadagno di una antenna è indicato in decibel:

$$G(dB) = 10 \cdot \text{Log} \frac{P_{\text{isotropa}}}{P_{\text{antenna}}}$$

Un po' di teoria

Misura della potenza di trasmissione

Generalmente la misura di potenza è indicata
in dBm

$$P(\text{dBm}) = 10 \cdot \text{Log} \frac{P_{\text{trasmissione}}}{1\text{mW}}$$

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

22

Un po' di teoria

Alcune equivalenze

$$158,5\text{mW} = 22\text{dBm}$$

$$100\text{mW} = 20\text{dBm}$$

$$50,1\text{mW} = 17\text{dBm}$$

$$31,6\text{mW} = 15 \text{ dBm}$$

$$15,8\text{mW} = 12 \text{ dBm}$$

$$10 \text{ mW} = 10 \text{ dBm}$$

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

Un po' di teoria

Un'altra caratteristica di una antenna è la polarizzazione del segnale. Cioè come l'onda trasmessa oscilla nello spazio.

Polarizzazione:

Vericale

Orizzontale

Circolare

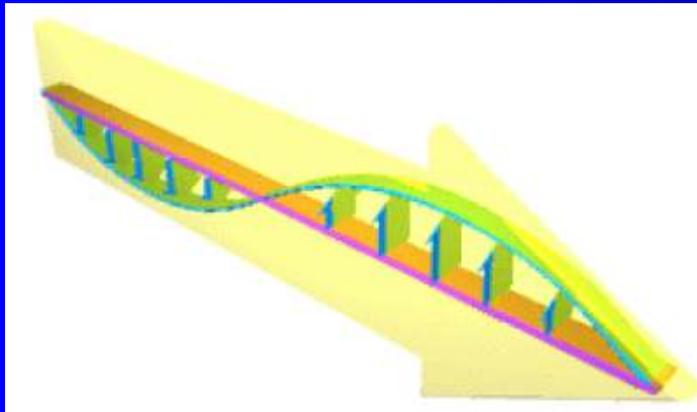
Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

24

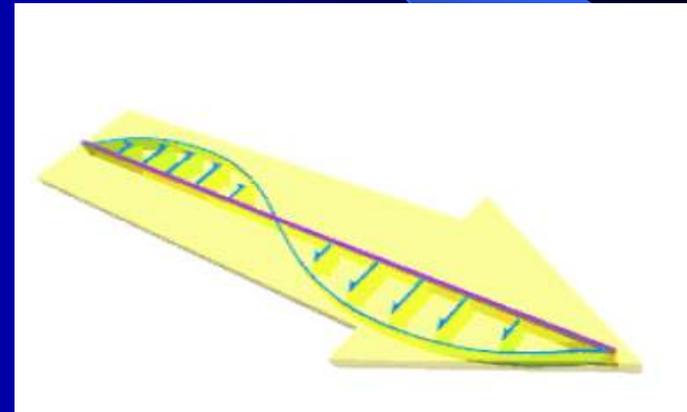
Un po' di teoria

Polarizzazione

Verticale



Orizzontale



Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

25

Un po' di teoria

Nella polarizzazione circolare l'onda trasmessa non assume alcun orientamento, ma anzi continua a roteare rispetto al proprio asse.

Tale polarizzazione è molto efficace in luoghi con molti corpi riflettenti

Un po' di teoria

Effetti della polarizzazione:

Verticale: minor effetti di riflessione su superfici piane (acqua, terreno, etc)

Orizzontale: minor effetti di riflessione su superfici verticali (costruzioni, montagne, etc)

Antenne Wireless: dalla teoria alla pratica passando per le patatine

27

Un po' di teoria

ATTENZIONE

Un'onda polarizzata orizzontalmente sarà ricevuta scarsamente da una antenna polarizzata verticalmente.

Un po' di teoria

Ricapitolando:

Impedenza caratteristica

Frequenza di lavoro (lunghezza antenna)

Polarizzazione

Direttività (vedremo in seguito)

Guadagno

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

29

Classificazione delle antenne

Le antenne possono essere divise in due grandi famiglie:

Omnidirezionali

Direttive

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

30

Classificazione delle antenne

La forma di una antenna determina anche la sua classificazione come omnidirezionale o direttiva.

Ulteriore spiegazione delle strane forme...

Antenne omnidirezionali

Antenne in grado di ricevere e trasmettere segnale in ogni direzione.

Antenne omnidirezionali

Collineari
Spider

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

33

Antenna Collineare

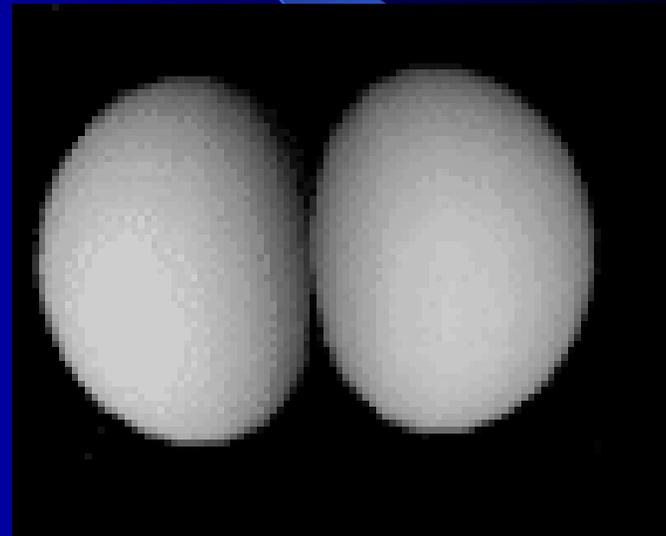


Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

Antenna Collineare

Diagramma di radiazione di una antenna collineare

Guadagno tipico 5-10 dB



Antenna Collineare

Funziona come una normale antenna a stilo.

Generalmente vengono costruite con cavo coassiale, tubi di ottone, filo di rame spiralato. La misura di ciascun pezzo è determinato dalla frequenza di lavoro

Antenna Spider

Simile ad un'antenna collineare, ma con l'aggiunta di riflettori alla base. (i “baffi” sul fondo del connettore)

Il funzionamento è identico ad una antenna collineare.



Antenne Wireless: dalla teoria alla pratica passando per le patatine

Antenna Spider

Sono costruite utilizzando un normale connettore N da pannello e del filo di rame/ottone rigido.

Sono simili ai feeder utilizzati nelle antenne pringles e cantenna.

Antenna Spider

Guadagno tipico intorno ai 5 dB

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

39

Antenne direttive

Pringles

Cantenna o Tin can

Yagi

BiQuad

Parabolica

A spirale (Helical)

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

40

Antenne direttive

Antenne in grado di ricevere e trasmettere segnale solamente in particolari direzioni.

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

41

Antenna Pringles

LA PRIMA MITICA HOMEBREW
ANTENNA PER IL WIRELESS
(ed ecco le patatine del titolo)



Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

Antenna Pringles

Il funzionamento di questa antenna si basa sulle antenna a guida d'onda.

Il segnale entrando nel tubo viene riflesso fino ad arrivare all'antenna interna (feeder) che lo trasforma in segnale elettrico.

Antenna Pringles

In pratica è come una antenna omnidirezionale inserita in tubo metallico.

L'effetto è che il segnale è focalizzato in una direzione.

Un po' come i riflettori luminosi.

Antenna Pringles

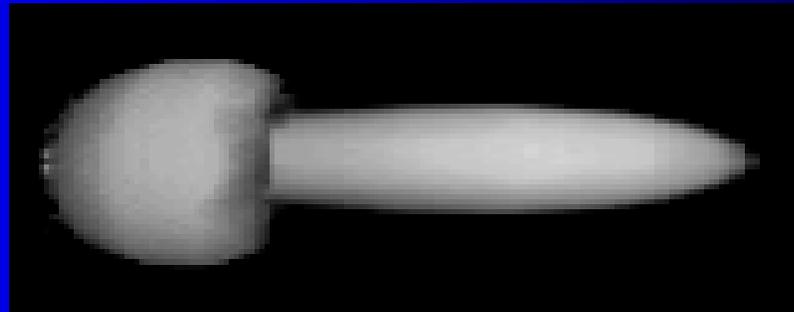
Sono realizzate con un tubo di pringles o con cartone alluminizzato (scatole del latte, succo, etc), un connettore e filo di rame/ottone rigido

La dimensione e la posizione del feeder sono determinati dalla frequenza di lavoro

Antenna Pringles

Diagramma di radiazione di una antenna pringles

Guadagno tipico 8-13 dB



Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

Antenna Cantenna o Tin can

Praticamente identiche come struttura e funzionamento alle pringles antenna (sono la loro evoluzione)

Antenna Cantenna o Tin can



Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

Antenna Cantenna o Tin can

Vantaggi:

Sono molto più resistenti di un tubo delle
pringles :-)))

Antenna Cantenna o Tin can

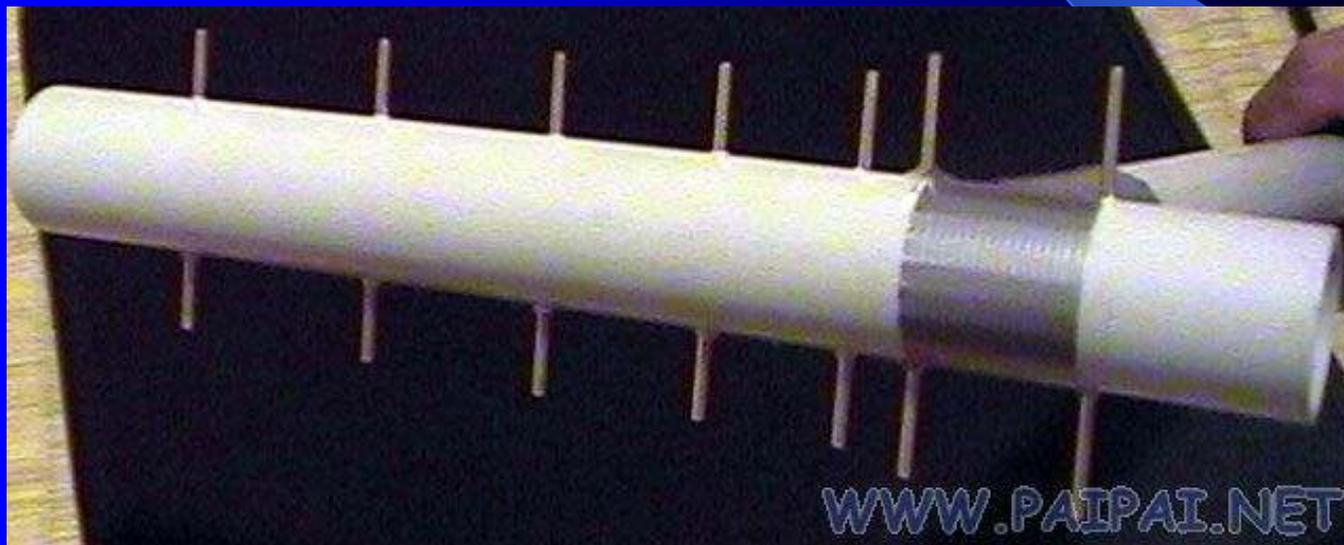
Guadagno tipico 10-15 dB

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

50

Antenna Yagi

Molto simile alle tipiche antenne per TV



Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

51

Antenna Yagi

Inventata dal Dottor. Hidetsugu Yagi



Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

Antenna yagi

Il principio di funzionamento è semplice:

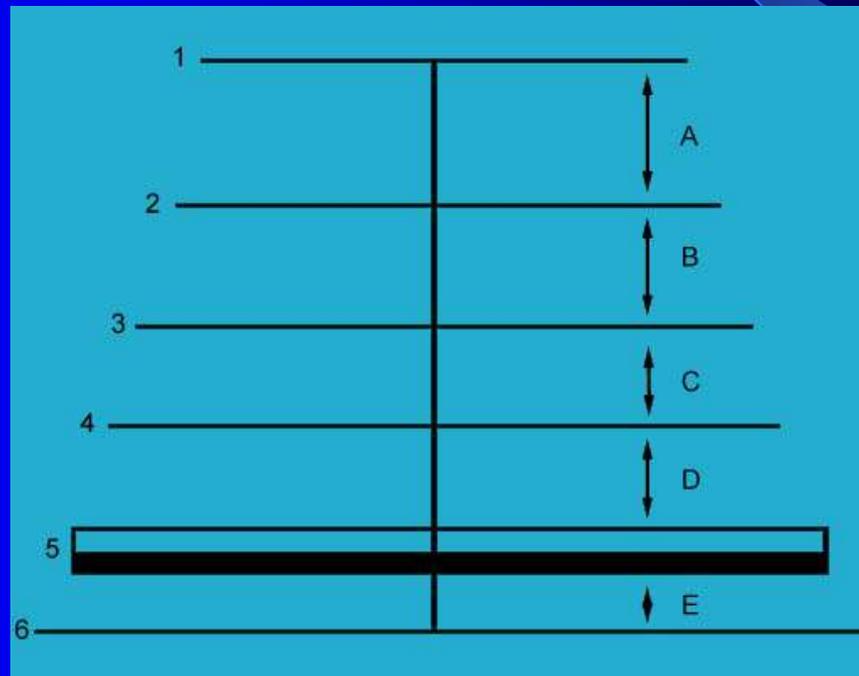
Alla coda è presente un feeder costituito da una semplice dipolo hertziano

Dietro a questo può essere presente un riflettore.

Anteriormente sono presenti una serie di antenne passive di varia lunghezza e di diversa distanza.

Antenna yagi

Schema



Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

Antenna yagi

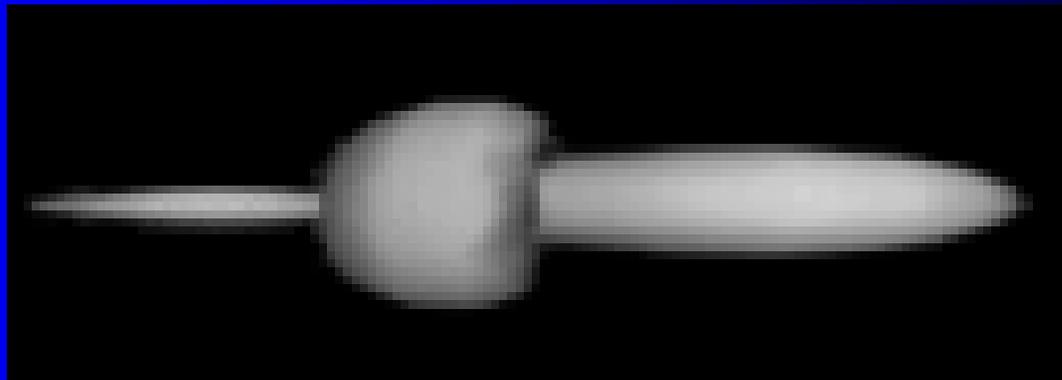
Il segnale trasmesso dal feeder eccita l'antenna passiva posta anteriormente ed in cascata anche le altre.

Questo processo aumenta notevolmente la direzionalità dell'antenna. Inoltre il riflettore posteriore elimina la parte di segnale che si propagherebbe in direzione opposta.

Antenna Yagi

Diagramma di radiazione di una antenna yagi

Guadagno tipico 10-18 dB



Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

Antenna BiQuad

Il nome di questa antenna deriva dalla sua forma; costituita da due quadrati di filo.



Antenne Wireless: dalla teoria alla pratica passando per le patatine

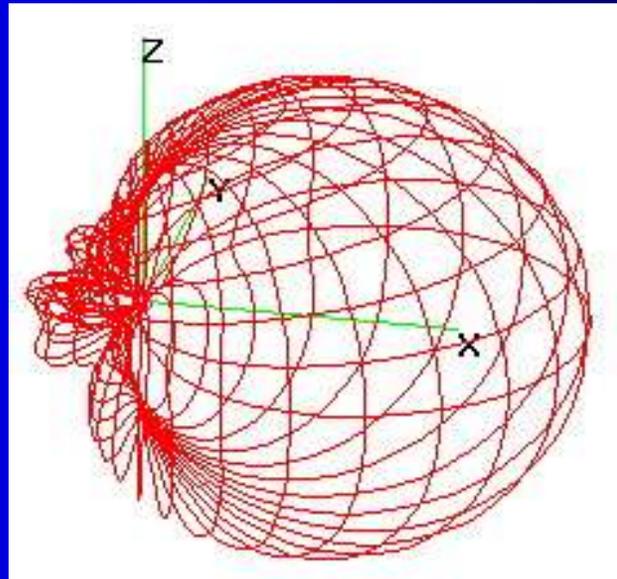
Antenna BiQuad

Lo schermo metallico posteriore permette la direzionalità dell'antenna.

Molto usata come feeder in antenne paraboliche

Antenna BiQuad

Diagramma di radiazione di una antenna
Biquad



Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

Antenna BiQuad

Guadagno tipico 10-12 dB

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

60

Antenna Parabolica

Contrariamente a quello che può sembrare la vera “antenna” di una parabolica non è lo schermo posteriore, bensì l’illuminatore.

Lo schermo posteriore ha la stessa funzione degli schermi metallici visti nelle precedenti antenne: riflettere il segnale in punto.

Antenna Parabolica

In questo caso la forma a parabola dello schermo riflette il segnale nel punto di fuoco, ove ovviamente è presente l'antenna vera e propria.

Il feeder può essere una antenna di qualsiasi tipo. Generalmente viene utilizzata una BiQuad o una cantenna

Antenna Parabolica



Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

Antenna Parabolica

Guadagno tipico 15-34 dB

L'antenna parabolica ha il più alto guadagno
ed è una delle più direttive

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

64

Antenna a Spirale

E' una antenna realizzata con un filo di rame avvolto a spirale su di un supporto.



Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

65

Antenna a Spirale

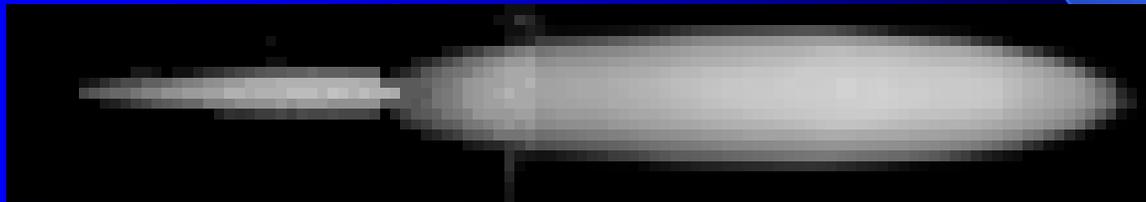
Ha una difficoltà di costruzione abbastanza elevata, dovuta alla realizzazione della spirale.

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

66

Antenna a Spirale

Diagramma di radiazione di una antenna a spirale



Guadagno tipico 18-22 dB

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

67

Antenne

Esistono diversi altri tipi di antenne con forme e caratteristiche differenti.

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

68

Test & Valutazione di una antenna

Per poter effettuare la misura del guadagno (empirico) di una antenna sono necessari:

Due apparati wireless

La misura della potenza ricevuta da ciascuna antenna

Conoscere il guadagno di almeno una antenna

Test & Valutazione di una antenna

Le due antenne devono essere disposte in ambiente aperto e ad una distanza di circa 25-30 metri

Inoltre è buona cosa, durante la misura, mantenere fissa la posizione degli oggetti circostanti: auto, persone, piante, etc

Test & Valutazione di una antenna

Una volta misurati le potenze ricevute da ciascuna antenna, il guadagno viene calcolato nel seguente modo:

$$\text{Santnota} - \text{Santvalutare} + \text{Gantnota} = \text{Gantvalutare}$$

Sfatiamo un falso mito...

La domanda “Quanto lontano può arrivare quell’antenna?” non può avere risposta!!!

La distanza a cui una antenna può ricevere/trasmettere dipende solamente dalla morfologia dello spazio che il segnale percorre.

Sfatiamo un falso mito...

Anche una antenna strepitosa può fare solo pochi centimetri se isolata da una cupola di metallo...

Sicuramente più è alto il guadagno di una antenna maggiore è la sua portata...

Non esiste però una legame univoco tra guadagno e portata

Collegare le antenne

Per poter collegare le antenne agli apparati radio esistono diversi tipi di connettori e cavi.

Bisogna però scegliere quelli adatti a lavorare in alta frequenza (2,4 Ghz)

Collegare le antenne

Connettore di tipo N
(usati per la costruzione delle antenne)



Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

Collegare le antenne

Connettore di tipo SMA e MCX
(usati generalmente sugli apparati)



Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

Collegare le antenne

Connettore di tipo TNC



Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

Collegare le antenne

ATTENZIONE!!!

Lo standard 802.11 non prevede l'utilizzo di un connettore specifico da utilizzare su tutti gli apparati 802.11 compliant. Quindi ogni produttore (deve) usare un connettore differente. Noi dobbiamo quindi usare i pigtail (cavetti adattatori)

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

78

Collegare le antenne

Esempio di pig-tail



Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

Collegare le antenne

CONNETTORI NON ADATTI

BNC

UHF



Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

Collegare le antenne

I cavi utilizzati sono di tipo coassiale.
Alcuni esempi di cavi utilizzabili in 2,4 Ghz sono i
seguenti (in ordine di qualità):

LMR400

RG316

RG213

RG58

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

Collegare le antenne

Bisogna comunque tenere presente che più il cavo è corto meglio è

In questo modo si riducono le perdite di potenza sulla linea di trasmissione tra antenna e apparato

Ponti radio

Per costruire un ponte radio sono necessari i seguenti elementi:

2 apparati 802.11

Cavi di connessione

2 Antenne

Materiale vari, scatole stagne etc

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

Ponti radio

Per quanto riguarda gli apparati 802.11 la scelta è molto ampia: va bene di qualsiasi tipo; preferibilmente con la possibilità di collegare una antenna esterna.

Per quanto riguarda invece il tipo di antenna, il suo guadagno e per la potenza di trasmissione richiesta bisogna eseguire dei calcoli e valutazioni.

Ponti radio

Prima di tutto bisogna decidere quale tipo di antenne utilizzare:

Omni o direzionale.

Se il ponte radio è point to multi point -> antenna omnidirezionale nell'AP centrale e antenne direzionali in quelli periferici

Se il ponte radio è point to point -> due antenne direzionali

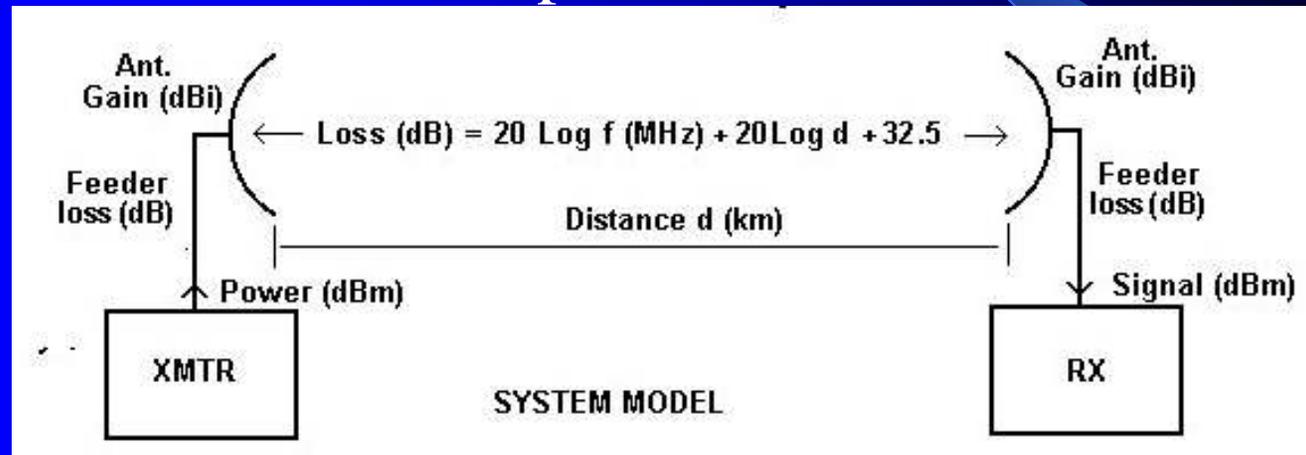
Ponti radio

Situazione ibrida: deve essere valutata caso per caso

Esempio: Access-point ripetitore

Ponti radio

Calcolo potenza ricevuta



$$P_{tx} - \text{FeederTxLoss} + \text{AntTxGain} - \text{PathLoss} + \text{AntRxGain} - \text{FeederRxLoss} = P_{rx}$$

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

Ponti radio

Il feeder loss viene calcolato come la somma delle perdite di ciascun connettore + la perdita specifica del cavo al metro.

Generalmente si considera una perdita per connettore di 1 dB

Ponti radio

Variando inoltre i parametri di guadagno dell'antenna e di potenza di trasmissione è possibile aumentare la potenza ricevuta e quindi la qualità e la velocità del segnale trasmesso

Sfatiamo un'altro falso mito...

Potenza a tutti i costi??? Perché???

Se devo avere una portata di pochi metri
perché usare potenze elevate???
(risparmiamo energia e disturbi
elettromagnetici ed inoltre non vado contro
la legge...)

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

90

Sfatiamo un'altro falso mito...

Inoltre la potenza influisce solamente sul segnale trasmesso e non sulla ricezione.

Aumento la potenza di una ricevente???

Ponti radio

Altro parametro da tenere in considerazione è la fresnel zone.

La fresnel zone è il cono immaginario secondo cui l'onda si propaga dalla trasmittente alla ricevente.

Se tra i due apparati formanti il ponte radio si trova un oggetto che riflette il segnale si possono creare effetti distruttivi sul segnale trasmesso.

Ponti radio

Infine sulle lunghe distanze anche l'altezza delle antenne è importante.

Infatti può succedere che la “linea” del segnale trasmesso sia tangente o peggio formante una corda con la superficie terrestre.

Esempi di hacking

Il mitico Access point D-link DWL-900+

Hacking hardware e software per aumentare la potenza trasmessa, rimozione della diversity antenna.

Schede pcmcia con antenna esterna

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

94

Collegare le antenne

UN HACK ORRIPILANTE!!!



Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

Links Italiani

Napoli Wireless

<http://www.paipai.net/antenna/default.asp>

Nabuk.org

<http://www.nabuk.org/>

Security wireless

<http://www.securitywireless.info/>

Wireless Italia

<http://www.wireless-italia.com/>

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

Links stranieri

Seattle Wireless

<http://www.seattlewireless.net/>

NoCatNet

<http://nocat.net/>

Green Bay Professional Packet Radio

<http://www.qsl.net/n9zia/>

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

Links stranieri

Per chi si vuole cimentare nello studio/realizzazione di ponti radio a lunga distanza, segnalo questo ottimo software freeware.

<http://www.cplus.org/rmw/english1.html>

Purtroppo è solo per windows...

Ringraziamenti

Un sentito grazie alla metro olografix per
avermi concesso questo spazio
(soprattutto Isazi)

Ed anche un grazie all'amico Embyte per
avermi spinto a realizzare codesto seminario

Domande ???

Spero di no... :-))))

Antenne Wireless: dalla teoria alla
pratica passando per le patatine

100