

La ricezione dei satelliti LEO

-di Costantino Montella IK8YSS

In genere chi si avvicina ad un hobby o sviluppa una passione non ci arriva quasi mai per caso, ma attraverso un percorso lungo il quale si conoscono ed identificano termini, vocaboli, modi di dire e cultura in generale, riferita a quell'argomento. Per tale motivo in queste righe non saranno riportate definizioni e terminologie di carattere generale che riguardano i satelliti amatoriali di cui è piena Internet, ma solo quelle indispensabili al supporto degli argomenti trattati.

In orbita intorno alla terra sono presenti circa 4000 satelliti artificiali, un numero davvero enorme soprattutto se si pensa che quelli amatoriali sono circa un centinaio.



Fig.1- Circa 4000 satelliti orbitano intorno alla terra

Sono destinati a vari scopi e classificati in prima battuta in funzione della loro missione che può essere attinente alla Meteorologia, al Controllo del Territorio, alle Comunicazioni militari e civili, all'Osservazione dello Spazio o alla Geolocalizzazione, come quelli del GPS.

I satelliti possono essere classificati anche in base alla tipologia dell'orbita che può essere **polare** se il satellite nel suo moto si sposta alternativamente da un emisfero all'altro della terra sfiorando i poli magnetici ed attraversando l'equatore a intervalli regolari di tempo oppure **equatoriale** se ruotano intorno all'equatore. Questa posizione è la preferita anche dai satelliti **geostazionari**.

L'orbita può essere più o meno alta in funzione della massima altezza che il satellite può raggiungere e si distingue in **LEO** o **HEO**.

Un'**orbita terrestre bassa** (in lingua inglese *Low Earth Orbit*, in sigla **LEO**) è un'orbita attorno alla Terra di altitudine compresa tra 300 e 1000 km di altezza. Un corpo che orbita in orbita bassa ha un periodo di rivoluzione di circa 90 minuti, e viaggia a circa 27400 km/h.

Quelli che orbitano ad altezza maggiore si chiamano **HEO** (in lingua inglese *High Earth Orbit* ma per ora ci occuperemo dei primi).

Le caratteristiche di un'orbita sono descritte dagli *elementi orbitali* o *parametri orbitali kepleriani* che sono un insieme di parametri che seguono le Leggi Newtoniane del Moto e la Legge di Gravitazione Universale. Per ora ci soffermeremo solo

su queste due leggi che dal punto di vista pratico si spiegano con il vecchio esempio della palla a molla. La palla a molla è una palla di pezza ripiena di segatura e legata alla nostra mano da un sottile e potente elastico.

Quando proviamo a farla ruotare intorno alla mano, legata al suo filo elastico, questo si allungherà e la palla ruoterà con una certa velocità. Se proviamo ad accelerare il moto rotatorio della mano il filo si allungherà di più e la rotazione della palla avverrà su un'orbita più distante dalla mano, Questo perché la palla sta bilanciando la forza di gravità (la Legge di Gravitazione Universale) con la componente del moto rotatorio (Leggi Newtoniane del Moto). Più è veloce la rotazione e più la palla si pone sulla traiettoria più esterna.

Nella categoria dei LEO rientrano una grande quantità di satelliti che classificati in funzione della destinazione o scopo finale finirebbero per confonderci le idee, per questo ci riferiremo solo ai satelliti LEO meteorologici in banda 137 mhz e quelli amatoriali.

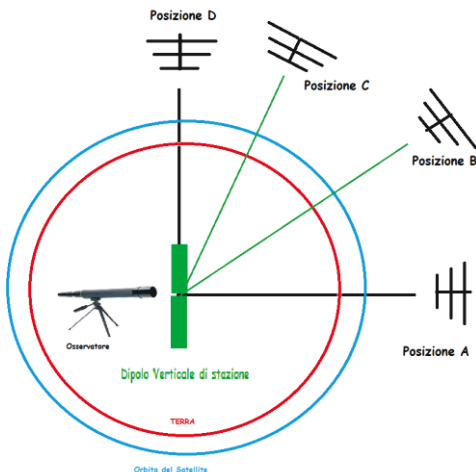
Dall'altezza di un satellite e dal suo sistema di antenne dipende l'area di copertura o Footprint, in teoria un satellite più orbita in alto e maggiore è la superficie terrestre alla quale può estendere il suo servizio (area di copertura). Con la maggiore altezza dell'orbita aumenta però anche la distanza dalla nostra stazione e di conseguenza l'attenuazione con conseguente difficoltà nella ricezione. Vanno tenuti separati i due concetti di altezza e distanza perché ci porterebbero fuori strada, rappresentano due condizioni diverse anche se coincideranno quando il satellite sarà dritto sulla verticale della nostra testa perché in quel caso la distanza sarà minima, allo Zenith. Viceversa la distanza sarà massima all'AOS (quando il satellite sorge) o LOS (quando il satellite tramonta), in questi due casi la distanza sarà la somma dell'altezza a cui orbita il satellite più una distanza, variabile con la latitudine dell'osservatore che è sempre minore del raggio medio terrestre. Questa condizione è la migliore per i patiti del DX via sat perché consente di raggiungere maggiori distanze ma la peggiore dal punto di vista del segnale per via dell'attenuazione che è maggiore, anche decine di dB. Chi volesse approfondire l'argomento può andare a leggere il mio articolo "Satellite Made Simple" pubblicato sulla pagina web di Hamradiospace, indirizzo: <https://www.hamradiospace.it/category/satelliti/beginners/>

Motivi di Attenuazione

Disallineamento fra antenne

Quindi abbiamo chiarito che il satellite ci invia segnali più forti quando la sua distanza da noi è minore perché tale è l'attenuazione, viceversa quando è più lontano aumenta la distanza e aumenta anche l'attenuazione. La diminuzione del segnale dovuta a questo fenomeno è caratterizzata da un fading progressivo e lineare senza troppe discontinuità. Questo è uno dei principali motivi per i quali chi si pone in ascolto di un satellite dovrà abituarsi ad avere a che fare con segnali di intensità variabile nel corso di un'orbita. Purtroppo quella descritta non è la sola causa di variabilità del segnale ma ve ne sono altre molto più influenti sulla riuscita dell'ascolto e sono legate al tipo di antenna utilizzata ed a quella del satellite, la combinazione di questi due elementi può causare attenuazioni significative fino alla perdita di segnale.

Differentemente dalla precedente queste variazioni sono caratterizzate da un fading improvviso e impulsivo che si alterna a momenti di ricezione chiara e forte. Per quanto attiene le antenne dei satelliti non c'è molto da dissertare perché sono prevalentemente di tipo lineare costituite da dipoli o singoli elementi da quarto d'onda o mezz'onda, in funzione della banda di utilizzo, con guadagno limitato a vantaggio della minore direttività. In passato alcuni satelliti HEO erano muniti di antenne RHCP cioè a polarizzazione circolare per compensare l'attenuazione che la rotazione sul proprio asse imprimeva al satellite. Progressivamente e fino ai nostri giorni, la grande semplicità costruttiva degli attuali LEO ha finito per decretare la prevalenza dei sistemi lineari rispetto ad altri. Questa soluzione comporta il fatto che anche il segnale che proviene dal satellite sarà altalenante per via dei cambi di polarizzazione dell'antenna del satellite rispetto alle nostre.



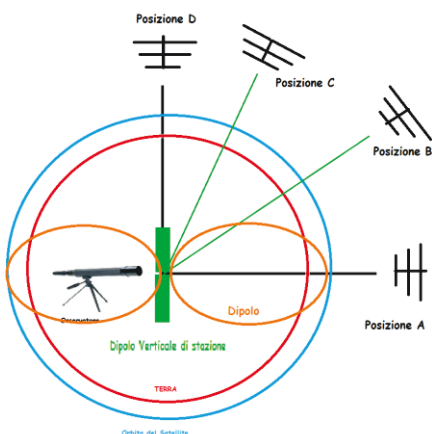
In Fig.1 è rappresentata la rotazione dell'antenna del satellite rispetto all'osservatore che è rappresentato da un dipolo verticale nella stazione di ascolto, per semplicità grafica è stata ipotizzata di tipo direttivo a 3 elementi e le orbite circolari.

Quando il satellite sorge all'orizzonte, posizione A, entrambi le antenne sono verticali (potrebbe essere anche il contrario), e questa è la condizione migliore ma in posizione B, le antenne hanno già fatto una rotazione relativa di 33° e il segnale ha già ricevuto una discreta attenuazione, si è dimezzato, in posizione C ancora di più, ma in posizione D addirittura le antenne sono in opposizione, una verticale, il nostro dipolo ed una orizzontale quella del satellite e questo causerà attenuazioni così forti da vanificare il vantaggio di averci il satellite alla minima distanza con attenuazione da spazio libero minima. Va anche

detto però che i satelliti attuali, anche quelli in FM, sono spesso più potenti dei loro predecessori e questo torna a tutto vantaggio della semplicità dell'antenna ricevente, la legge però è la stessa, varia solo l'intensità del segnale. Queste attenuazioni sono quindi generate dalla distanza fra le antenne ed alla variazione della posizione relativa fra l'antenna della stazione di ascolto e quella del satellite. Con l'utilizzo di antenne a polarizzazione circolare nella stazione ricevente il secondo inconveniente, quello rappresentato in Fig. 1 viene notevolmente mitigato. Se poi si aggiunge anche la motorizzazione dell'antenna ricevente alla polarizzazione circolare i fading si ridurranno anche per tutta la durata dell'orbita !!

L'antenna di stazione

Un'altra tipologia di attenuazione del segnale è introdotta dalle caratteristiche elettriche dell'antenna ricevente di stazione. Per ogni antenna è possibile descrivere il suo funzionamento elettrico con una serie di parametri come ad esempio la lunghezza, l'impedenza ecc. Ma per sapere come lavora 'in aria' cioè dal punto di vista elettromagnetico, bisogna fare riferimento al diagramma di radiazione, che è la rappresentazione tridimensionale del guadagno della stessa. Per questo non è descrivibile con un solo parametro in quanto si ottiene in due modi diversi, ma entrambi esterni al nostro laboratorio o alla stazione. Il primo metodo consiste nella rilevazione del campo irradiato a distanza per mezzo di rilevazioni puntuali fino a comporre un diagramma completo sul piano polare, è impreciso e difficile da realizzare. Il secondo si ottiene dalla simulazione di alcuni modelli matematici all'interno dei quali si fanno variare alcune variabili in funzione di altre note, in genere le grandezze elettriche di cui si diceva prima. Gli attuali SW di simulazione si sono sviluppati intorno a modelli matematici molto attendibili, precisi e resi affidabili dai riscontri forniti dalla pratica e da un altro utilissimo



strumento di analisi che è la Camera Anecoica, una stanza priva di echi elettromagnetici che consente misurazioni di grande precisione. In Fig.3 rappresentato il diagramma di radiazione del dipolo orizzontale (sovrapposto, solo visivamente!) al nostro esempio di Fig.2 per mostrare come ai fenomeni di attenuazione espressi in precedenza si va a sovrapporre un altro effetto dovuto al diagramma di radiazione del dipolo al quale ci stiamo riferendo.

Fig 3

Quello che intendo evidenziare è che nelle posizioni A e B l'antenna del satellite colpisce il dipolo all'interno dell'area segnata in arancione, cioè del suo diagramma di radiazione e quindi il segnale può essere ricevuto.

Viceversa nelle posizioni C e D il segnale non colpisce il diagramma di radiazione e quindi non c'è ricezione. Non c'è nulla da fare, in questa circostanza non esistono soluzioni, se non quella di ruotare il dipolo allineandolo



parallelamente a quello del satellite, cosa che si fa elevando l'antenna. Nel caso del dipolo preso in esame bisogna accontentarsi di ricevere il segnale fino ad una elevazione massima del satellite di circa 50°. Questo è il limite superiore che si può ottenere dal semplice dipolo o da una semplice ground plane a causa del loro diagramma di radiazione. Esistono molti tipi di antenne da terrazzo di tipo omnidirezionali ciascuno con un proprio diagramma di radiazione con caratteristiche diverse a cui corrispondono utilizzi di tipo diverso , ma per questo ci daremo appuntamento alla prossima volta . Le cause che attenuano il segnale non sono esaurite in queste poche righe, ma per ora ci fermiamo qui per sfogliare altri argomenti, ma su questi potrete ritornare quando vorrete utilizzando il mio recapito: ik8yss@gmail.com



Costantino IK8YSS durante una lezione sui satelliti presso la sezione A.R.I. di Portici