

EME (earth-moon-earth) con una singola Yagi in 144 mhz.

Documento n. 11.46.54 del 12.11.2010 F.Egano, ik3xtv

I collegamenti tra stazioni di radioamatore via Luna, hanno sempre richiesto stazioni molto sofisticate e soprattutto sistemi di antenne ad elevato guadagno, ottenibili solo con configurazioni di parecchie direttive accoppiate. Infatti, il percorso terra –Luna – terra di oltre 700.000 km, la grande dispersione di tratta e la scarsa capacità di riflessione della superficie lunare (in 144 mhz solo il 7% circa dell'energia viene riflessa dalla luna) e la variabilità delle condizioni di propagazione rappresentano un ostacolo davvero arduo. Il sistema di trasmissione digitale ideato e sviluppato da Joe Taylor, K1JT Premio Nobel per la Fisica nel 1993, ha rivoluzionato il mondo delle trasmissioni eme e aperto la strada anche a stazioni normali. Di fatto il programma di Joe Taylor ha aperto una nuova era nelle comunicazioni radioamatoriali via Luna. Utilizzando il software WSJT in modalità JT65B è possibile fare dei qso via luna anche con una singola antenna Yagi e 100 w di potenza. Le maggiori possibilità si hanno quando l'orbita lunare si trova al perigeo (punto più vicino alla terra) e quando la temperatura di rumore del cielo è più bassa.

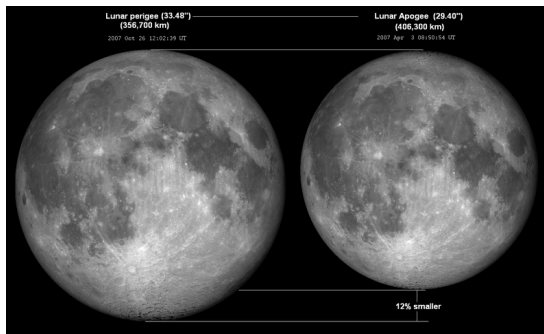


Fig.1 La Luna percorre un'orbita leggermente ellittica in 28 giorni, il punto più vicino alla terra il perigeo (356.700 Km) e il punto più lontano apogeo (406.700 Km). Le perdite di tratta sono di o -251,5 dB al perigeo e -253,5 dB all'apogeo. Il ritardo del segnale è di circa 2,4 sec e 2,7 rispettivamente. Wsjt, se entrambe le stazioni sono correttamente sincronizzate è in grado di rilevarlo con una buona precisione. La figura in alto mostra come appare la luna osservata dalla terra nel suo punto più lontano e più vicino quando si trova al perigeo appare circa un 12% più grande), questo si traduce in circa 2 dB di differenza di path loss (sui 144 mhz).

Il rumore

Una delle cose più importanti nella messa a punto della stazione è la cura della parte ricevente cercando di ridurre il più possibile il livello del rumore ricevuto o meglio del rapporto segnale/rumore S/N. Anche pochi decibel possono fare la differenza tra il sentire e non sentire l'eco lunare. La cosa migliore è utilizzare antenne le più silenziose possibili con pre amplificatori di buona qualità con una cifra di rumore non superiore a 1 decibel. Il rumore galattico è sempre presente, anche se varia periodicamente in corrispondenza del movimento lunare (vedi figura 2). Il rumore più difficile da gestire è il rumore urbano. Per i collegamenti EME un basso livello del rumore di fondo fa la differenza, è fondamentale, e a maggior ragione per chi opera QRP ridurlo il più possibile prendendo tutti gli accorgimenti possibili (cavo a bassa perdita, antenna con banda passante stretta, ecc). In questo contesto il software WSJT apporta un grande aiuto, è possibile estrarre e decodificare segnali dal rumore fino a -29 dB, ma più si migliora il rapporto segnale/rumore meglio è, anche pochi decibel possono essere decisivi e la differenza è tra il sentire una stazione e non sentirla affatto.

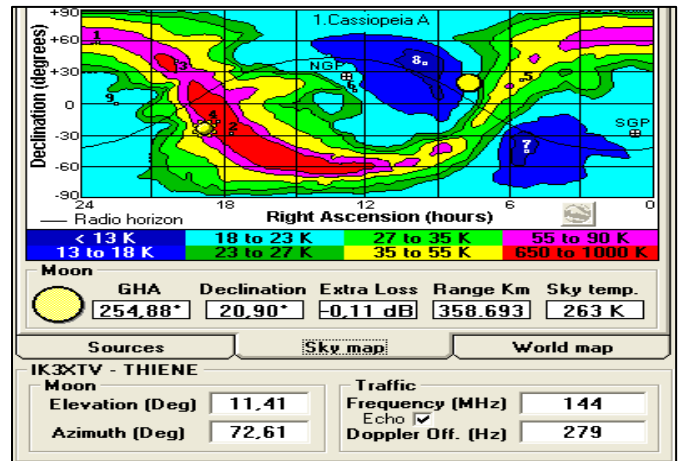


Fig.2 Mappa del cielo con le varie temperature di rumore. Il diagramma in alto indica la nostra galassia, la via lattea. La linea sinusoidale rappresenta il piano dell'ellittica. Il sole compie un percorso lungo l'ellittica in un anno. La luna si muove approssimativamente lungo la linea dell'ellittica (+/- 5°) ogni mese. Quando la luna transita nella direzione del sole l'attività eme risulta molto difficile per l'elevato rumore cosmico di fondo (zona rossa). Questo avviene periodicamente nella fase di luna nuova.

Ground Gain

Lavorando sul sorgere e il tramonto della luna, (quindi da 1 a 18/20 gradi di elevazione) è possibile sfruttare l'effetto suolo ovvero un guadagno aggiuntivo che teoricamente può arrivare a 6 dB, significa che una singola yagi ottiene all'incirca le prestazioni di un array di 4 yagi. Il ground gain comunque dipende dal tipo di terreno attorno all'antenna, per chi come me opera dal centro cittadino, questo valore risulta sicuramente inferiore. Per chi opera in aperta campagna o meglio ancora in prossimità del mare le cose migliorano nettamente. Senza elevazione è possibile acquisire la luna da 0 gradi a circa 18/20 gradi di elevazione, lavorando quindi sul moonrise e moonset si hanno a disposizione circa 3 ore al giorno.

Fattori aggiuntivi che influenzano la propagazione

Il ground gain da solo non è sufficiente per supportare la fattibilità di alcuni collegamenti via Luna con stazioni Qrp. Ci deve essere qualche fattore aggiuntivo e al momento non conosciuto che incrementa e amplifica il segnale. Il segnale eme deve attraversare per due volte la ionosfera terrestre, con porzioni di ionosfera molto differenti. A causa di questo transito subisce la rotazione di Faraday, che introduce uno sfasamento che spesso non consente la ricezione. Ma non sappiamo se per esempio questo passaggio ionosferico può in certi momenti introdurre un'azione favorevole. Sul "lato Luna" sappiamo che non tutta la superficie del satellite presenta le stesse caratteristiche di riflessione anzi sembra che le zone che maggiormente contribuiscono alla riflessione siano localizzate al centro del disco visibile, non sappiamo se esistono altri fattori che possono favorire la propagazione. Sul lato terra d'altra parte esistono vari fattori che possono peggiorare e perché no in determinati momenti incrementare i segnali: non solo la ionosfera ma il campo magnetico terrestre e con esso la magnetosfera che si avvicina come dimensioni all'orbita lunare. Sono del parere, che la magnetosfera terrestre possa svolgere un ruolo non secondario nella dinamica della propagazione terra-luna-terra. A ulteriore supporto di questa ipotesi, ho osservato che anche via Luna, come avviene per la propagazione HF ci possono essere degli angoli favorevoli, nel mio caso risultano più semplici collegamenti/ascolti Europa-Europa, soprattutto EU-EU direzione est. Si pensi all'angolo formato terra-luna-terra che collega per esempio due

stazioni in continenti diversi, il raggio di incidenza di riflessione sulla luna può differire anche di 2 gradi. Questo ha un impatto sia sul lato terra (ionosfera) che sul lato luna in quanto può cambiare l'angolo di incidenza sul suolo lunare e quindi influire sulla qualità del segnale riflesso. Qualcosa di analogo avviene anche con la librazione (vedi note). Alcune ricerche confermano che la zona di maggiore riflessione lunare sia localizzata in un'area abbastanza circoscritta e indicativamente al centro del disco visibile, anche piccoli movimenti di questa zona dovuti alla librazione e soprattutto ad un differente angolo di incidenza del fascio d'onda, possono avere un impatto significativo sull'intensità dell'eco di ritorno. Le ore migliori per operare sono quelle notturne, in quanto il rumore è inferiore e l'attenuazione ionosferica è più bassa, in 144 mhz vale circa 0,5 Db, questo valore di notte è circa 10 volte più basso.

WSJT modo JT65B per comunicazioni EME

Il software creato da Joe Taylor appositamente per comunicazioni EME in grado di decodificare i segnali molti decibel al di sotto della soglia del rumore, e di estrarre dal rumore di fondo segnali non udibili dall'orecchio umano. I messaggi sono trasmessi in modo digitale, senza entrare nel dettaglio tecnico (il manuale in italiano si può scaricare dal sito ufficiale di wsjt:) i dati vengono compressi e quindi codificati con un algoritmo a correzione di errore (FEC) che introduce un controllo ridondante sui dati, in modo tale che tutte le parti del messaggio possono essere recuperate con successo, anche se alcune parti del messaggio non vengono ricevuti dal ricevitore. Il messaggio è composto da 72 bit per l'informazione utente, e 15 bit per il locatore. (Il codice particolare utilizzato per JT65 è Reed Salomon). Dopo che i messaggi sono stati codificati, vengono trasmessi utilizzando MFSK con 65 toni, (la larghezza di banda occupata è di 170 Hz) per un periodo di trasmissione di 50 sec, dopo di che passa in ricezione e così via. In ricezione il segnale ricevuto viene analizzato secondo la trasformata di Fourier che è una procedura matematica specifica per l'analisi di dati. JT65 per una corretta decodifica dei messaggi richiede che il computer sia sincronizzato con un server internet NTP in modo da mantenere sempre esatta l'ora del pc. Wsjt prevede vari modi di trasmissione, alcuni ancora sperimentali, il modo utilizzato per le comunicazioni EME è il JT65B.

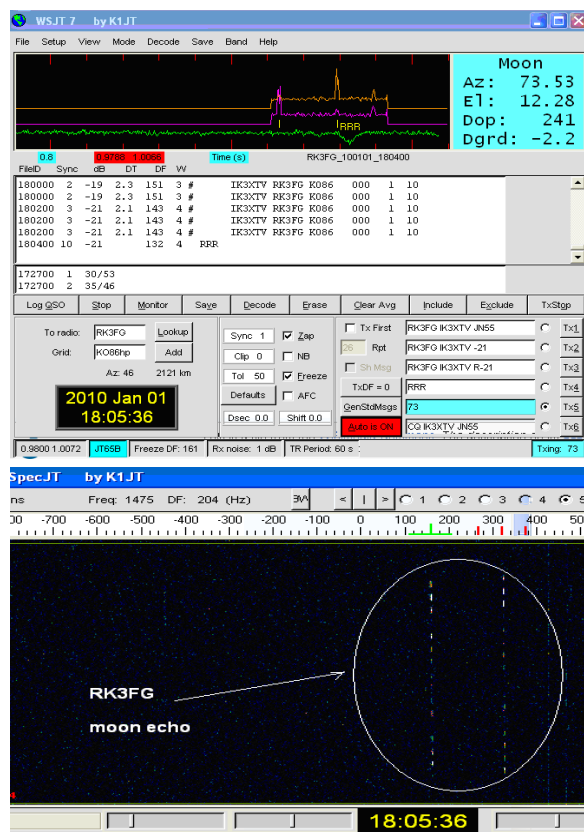


Fig.3 Screen shot del qso eme del 01.01.2010 con RK3FG (4x15 elementi) con buone condizioni, Luna al perigeo e bassa temperatura di rumore cosmico.

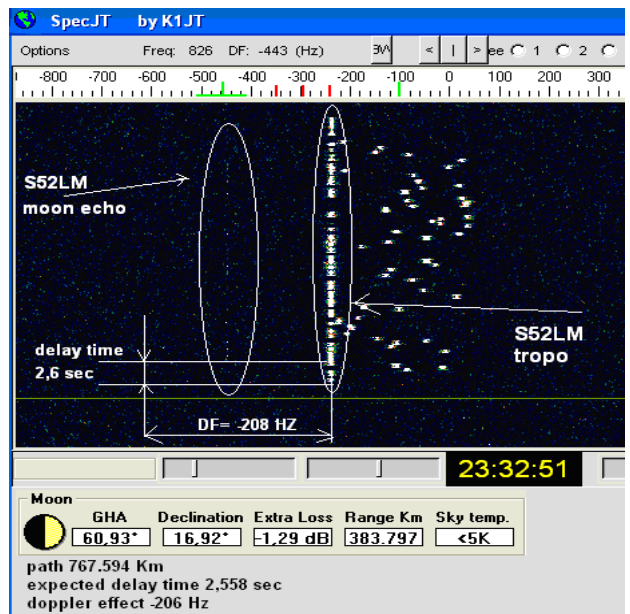


Fig.4 Esperimento di ricezione tropo e EME con S52LM (4x17 1,5 kw) Sono evidenziate le differenze e le caratteristiche dell'eco ricevuto via luna. Il software wsjt ha registrato un delay time di 2,6 sec. (Il calcolo per il DT con la luna distante 383.797 km e' $DT = d/c$ dove d è il percorso terra-luna-terra e c la velocità della luce $DT = 767.594 / 299.792.458 = 2,56$ sec) con uno shift di frequenza di -208 Hz. Il segnale via tropo è a -7 dB mentre la traccia luna a -26 dB Il test è stato fatto con la luna al tramonto quando i segnali luna sono afflitti da un doppler negativo, mentre al moonrise, a causa dell'effetto doppler tra la terra e la luna, lo shift risulta positivo.

NOTE:

Librazione (tratto da Wikipedia)

In astronomia, il termine librazione (derivato dal latino libra, bilancia) descrive un movimento apparente della Luna relativo alla Terra, che può essere comparato col movimento di due piatti di una bilancia rispetto al punto di equilibrio. Anche se il periodo di rotazione della Luna attorno al suo asse è uguale a quello di rivoluzione attorno alla Terra, le librazioni permettono ad un osservatore terrestre di vedere delle porzioni di superficie lunare leggermente differenti ogni volta. Queste variazioni sono causate dal fatto che la Luna ruota intorno al proprio asse ad un ritmo costante, ma gira intorno alla terra ad un ritmo variabile, trovandosi in un'orbita ellittica e muovendosi più veloce quando è più vicina alla Terra e più lentamente quando ne è più lontana. L'effetto finale è che, invece della metà, solo il 42% della superficie lunare è sempre visibile, un altro 42% è sempre nascosto, e un altro 18% oscilla tra la porzione di superficie visibile e quella nascosta.

Ci sono tre tipi di librazione: la librazione in latitudine è la conseguenza del fatto che l'asse di rotazione della Luna è leggermente inclinato rispetto alla perpendicolare al piano della sua orbita. Questo genera le librazioni in maniera analoga a come l'inclinazione dell'asse della Terra genera le stagioni.

La librazione in longitudine deriva dalla lieve eccentricità dell'orbita della Luna attorno alla Terra, in modo che alla fine la rotazione della Luna si trova leggermente più avanti o più indietro di come dovrebbe essere rispetto alla posizione nella sua orbita.

Infine, esiste un piccolo effetto chiamato librazione parallattica o diurna, che è in realtà un movimento dell'osservatore e non della Luna. Poiché la Terra ruota, un osservatore guarderà la Luna da angolazioni leggermente differenti nel corso della giornata.

Software

WSJT si puo' scaricare gratuitamente dal sito di K1JT.

<http://www.physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/>

Software utile per tracking luna:

EME System di F1EHN

<http://www.f1ehn.org/>

Sito per sked eme e chatrooms / loggers

<http://www.chris.org/cgi-bin/it65emeA>

Configurazione Test EME

-Antenna YAGI 13 elementi (3WL) 15,3 dBi

-Amplificatore di potenza stato solido(n. 2 MRF245 push-pull)

max output 150. Potenza utilizzata in JT65 mode 100w.

-Preamplificatore gasfet 23 Db NF<1dB

-Rtx Kenwood TS711E

-Processore audio digitale " SP-1 Contel" (utilizzato per ridurre il piu' possibile il livello del rumore)

Bibliografia

Wikipedia

DF5AI Dr. Volker Grassman

Eme system di F1EHN, software tracking luna

WSJT di Joe Taylor, K1JT

144 Mhz eme basicc weak signal vhf by Tim Marek,

K7XC

Space communications (physics.princeton university)