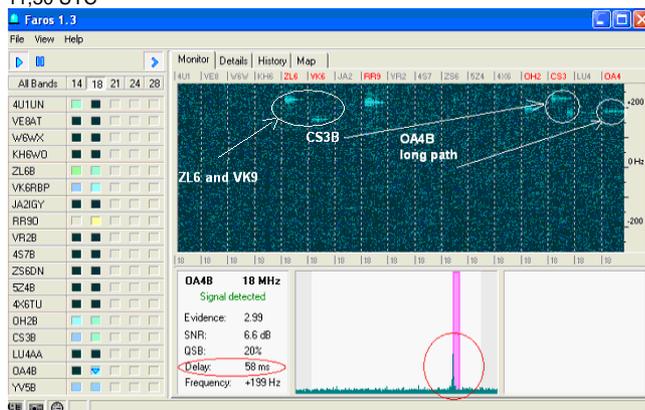


## La ionosfera come una guida d'onda Esperimenti long path: ricezione beacon OA4B (Lima - Perù)

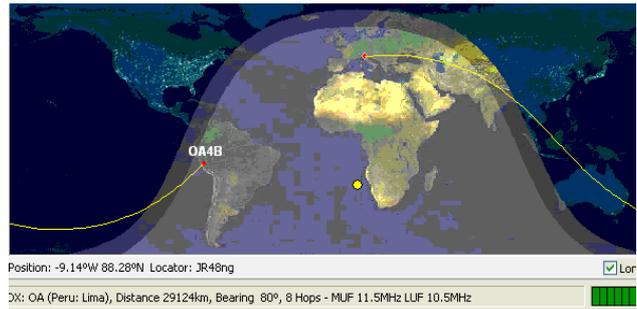
Ho effettuato degli esperimenti per evidenziare un possibile nuovo modello esplicativo per la propagazione ionosferica. I test sono stati condotti utilizzando il software Faros di Alex Shovkoplyas VE3NA, WSPR (1 note) (weak signal propagation reporter) di Joe Taylor, K1JT e per alcuni esperimenti in trasmissione il programma WSJT (2 note) sempre di K1JT, progettato per l'EME ma utilizzato anche per collegamenti digitali in HF a bassissima potenza. Faros è un Sistema Automatico per monitorare i beacon della NCDXF in grado di controllare continuamente 18 radiofari su cinque gamme, rilevando automaticamente la presenza dei segnali anche in situazioni di QRM e rumore e di misurarne il rapporto segnale/rumore S/N più altri parametri. Per Faros utilizzo una connessione internet veloce (14 MB) in grado di assicurare, attraverso una sincronizzazione con alcuni server NTP (Network Time Protocol) una elevata precisione di tempo. Per questo il software Faros è in grado di rilevarne e riconoscerne, sia il percorso breve, che il percorso lungo. Sono state registrate parecchie aperture via long path ma spesso il beacon è ricevibile simultaneamente anche via short path il che significa un giro completo della circonferenza terrestre, talvolta il segnale è più forte per la via lunga qualche altra volta viceversa. Con condizioni ionosferiche migliori, nella fase alta del ciclo solare, il segnale può percorrere più di una volta il circuito (condizione al momento però non ancora confermata sperimentalmente). Esperimenti della stessa natura concentrati i sugli ascolti del beacon ZL6B confermano un comportamento simile. Le osservazioni più frequenti si riferiscono alla gamma 18 mhz ma è stato registrato un comportamento analogo anche su altre gamme soprattutto sulla banda dei 20 metri. Spesso la propagazione si apre simultaneamente per ZL6B dalla Nuova Zelanda e VK6RPB da Perth - Australia. Si evidenzia quindi una "corsia preferenziale" nella ionosfera, poiché i tre beacons sono approssimativamente sulla stessa linea geodetica. Questo significa una sorta di circuito d'onda o di propagazione guidata all'interno della ionosfera possibile anche durante un ciclo di minimo solare. Più lunga è la guida d'onda più le aperture tendono ad essere brevi perché le condizioni che le sostengono variano rapidamente. Prendendo spunto dagli esperimenti condotti in questa area geografica si possono estendere all'intero pianeta e ipotizzare per analogia un modello di comportamento della ionosfera su scala globale.

Data: 12.12.2008  
11,30 UTC



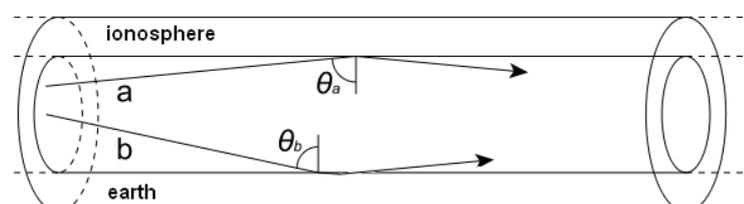
### □ IPOTESI: La ionosfera come una guida d'onda.

In questo documento si ipotizza che la propagazione HF è possibile per effetto di guide d'onda che si formano nel sistema suolo terrestre - ionosfera (la ionosfera potrebbe comportarsi come una cavità terra-ionosfera) il segnale si propaga all'interno del condotto, con una perdita molto bassa o addirittura un possibile guadagno, seguendo la legge di Snell che descrive le modalità di rifrazione di un raggio luminoso nella transizione tra due mezzi con indice di rifrazione diverso



### Condotti nella Ionosfera

La propagazione delle onde radio è governata dall'equazione di Maxwell che stabilisce l'evoluzione spaziale e temporale dei campi elettrici e magnetici e che in estrema sintesi afferma come l'intensità di campo di una radiazione elettromagnetica diminuisce secondo l'inverso del quadrato della distanza (legge dell'inverso del quadrato). La legge dell'inverso del quadrato si applica a campi che si propagano in modo omogeneo in tutte le direzioni (ad esempio, la luce, il campo magnetico e quello gravitazionale). I corpi in grado di produrre campi di questo tipo sono chiamati sorgenti puntiformi. Data la bassa potenza in gioco correlata alle grandissime distanze dei collegamenti radioamatoriali solo un sistema a basse perdite potrebbe garantire i collegamenti. Varie osservazioni sperimentali tendono a confermare che la Ionosfera si comporti come una guida d'onda e la propagazione HF si svolge analogamente alla propagazione della luce all'interno di una fibra ottica. Un meccanismo simile in fisica acustica è noto come effetto "whispering gallery". Del resto, l'analisi delle perdite teoriche lungo il percorso su trasmissioni anche a bassissima potenza effettuati in HF con il sistema digitale JT65A di Joe Taylor, K1JT, evidenziano che la propagazione può essere supportata solo da un sistema a basse perdite come può essere una guida d'onda o perfino con una possibile auto amplificazione congenita (es. focalizzazione per effetto lente). Queste proprietà della ionosfera sono state studiate e applicate in origine per lo studio del rumore atmosferico nella gamma ELF e VLF generato dai fulmini che si propagano all'interno della cavità ionosferica con bassissime perdite. È chiaro comunque che non sempre la guida d'onda è attiva, anzi essa può essere agibile solo in determinati momenti in quanto la guida non è omogenea e dipende dalla lunghezza del percorso fatto dal segnale e dalle caratteristiche del mezzo di propagazione (come la densità elettronica ed il campo magnetico statico) anzi più è lunga più sono presenti irregolarità come per esempio la discontinuità giorno/notte. In ogni caso il collegamento è possibile solamente quando si attiva una guida più o meno lunga (es. zona d'ombra). Il meccanismo di attivazione è determinato dalla ionizzazione del sole. Il sistema descritto si riferisce comunque ad un modello semplificato nella realtà siamo di fronte ad un modello molto più complesso. La ionosfera non è un sistema lineare e questo complica notevolmente le cose, infatti la ionosfera è un plasma immerso nel campo magnetico terrestre e sottoposto alla pressione di radiazione solare. Dobbiamo infatti considerare che il principio di sovrapposizione dell'onda elettromagnetica induce che lo spazio sia lineare, invece la ionosfera terrestre è tutt'altro che uno spazio lineare: come si comporta una radiazione elettromagnetica immersa in un plasma non lineare? Si devono applicare equazioni complesse, possibile amplificazione, focalizzazione ecc.



Disegno 1

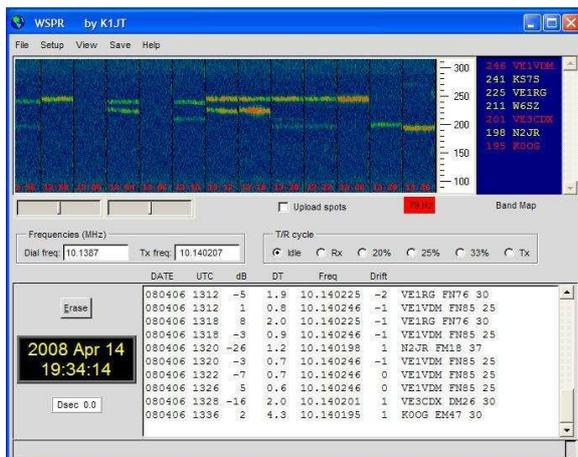
A proposito di plasmi non lineari sono stati effettuati degli studi su presunti comportamenti non lineari della ionosfera, come per esempio il maggior assorbimento che sembra subiscano i segnali trasmessi ad alta potenza rispetto a segnali di debole potenza. Oppure fenomeni di intermodulazione (es. effetto Lussemburgo). Questi studi hanno dato risultati di difficile interpretazione e sono tuttora in corso, sembra comunque siano correlati a fenomeni di riscaldamento termico della ionosfera. Per esempio e' scientificamente provato che la presenza di TID (traveller ionospheric disturbances) siano causa di un comportamento non lineare della ionosfera. Quello appena descritto si riferisce ad un modello molto semplicistico (dis.1)

Il campo magnetico terrestre può introdurre delle curvature sulle guide d'onda e questo spiegherebbe vari casi di deviazioni azimutali. Molto spesso l'intensità dei segnali HF ricevuti sono indipendenti dalla distanza, segnali antipodali per esempio sono più forti di segnali trasmessi da distanze notevolmente inferiori.

## NOTE

### 1-WSPR descrizione

WSPR implementa un protocollo progettato per lo studio della propagazione con trasmissioni a bassa potenza. Ogni trasmissione invia il nominativo di stazione, il locatore e la potenza del trasmettitore in dBm. Il programma è in grado di decodificare i segnali ricevuti con un rapporto segnale rumore S / N davvero basso (la soglia limite è di 32 dB con una larghezza di banda di 2500 Hz. Le Stazioni con accesso alla rete Internet possono attraverso il software caricare automaticamente il rapporto delle ricezioni su una banca dati centrale, WSPRnet, consultabile direttamente e che riporta su una mappa mondiale tutto il traffico wspr. La modalità di trasmissione e' tipo beacon.



### 2- WSJT descrizione

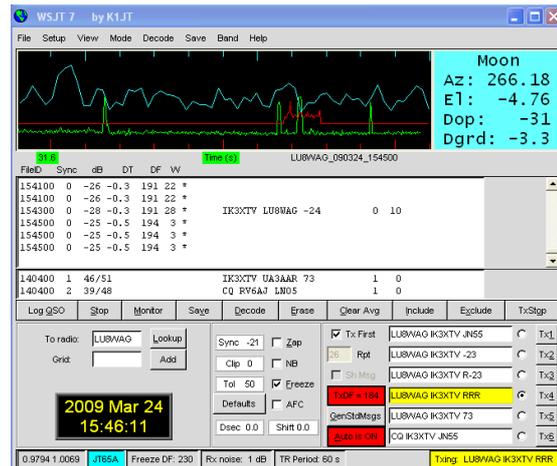
"weak signal communication di K1JT") consiste in complessi protocolli digitali di comunicazione ottimizzati specificatamente per meteor scatter, propagazione ionosferica e troposferica, e EME (Moonbounce) per VHF / UHF, e anche per collegamenti in HF via ionosfera. Il programma è in grado di decodificare Segnali fino a 29 dB sotto la soglia del rumore.

I protocolli specifici di comunicazione sono i seguenti:

FSK441 per meteor scatter

JT6M per meteor scatter soprattutto 50 mhz e scatter ionosferico.

JT65 per EME in VHF/UHF, e per qso via ionosfera in HF  
JT2, JT4, WSPR: sono al momento protocolli sperimentali



## Software utilizzati:

Faros Alex Shovkoplyas VE3NA

<http://www.dxatlas.com/faros>

WSJT (JT65A mode in HF) di Joe Taylor, K1JT

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

WSPR di Joe Taylor, K1JT

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

SPECTRUM LAB di DL4YHF's Spectrum Lab

<http://freenet-homepage.de/dl4yh/spectra1.html>

## Bibliografia

VLF Sferics Propagating in the Earth-ionosphere Waveguide di AB Bhattacharya (priersproceedings China)

Wikipedia

Budden, K. G., Martin, H. G.

Proceedings of the Royal Society di Londra. Serie A, matematica e

Scienze fisiche, Volume 265, Issue 1323, pp. 554-569

<http://www.qsl.net/ik3xtv/>