

OSSERVAZIONE DI TRACCE METEORICHE TRAMITE RADIO DOPPLER

Introduzione

Nell'osservazione e nel monitoraggio di sciami meteorici è sempre stato un problema conciliare osservazioni fatte visualmente con altre ottenute con tecniche radar come il meteor-scatter. Questo è in parte dovuto al fatto che le tecniche radar convenzionalmente adottate, hanno il limite di rivelare solamente un innalzamento del livello del segnale nel ricevitore, quando una traccia meteorica, superando la soglia di rivelazione del sistema, appare nell'area di cielo che sta' sopra il trasmettitore e contemporaneamente vista dal fascio d'antenna del ricevitore. In breve, il segnale rivelato è costituito da una singola misurazione, rispetto ad una soglia di per sè stessa incerta.

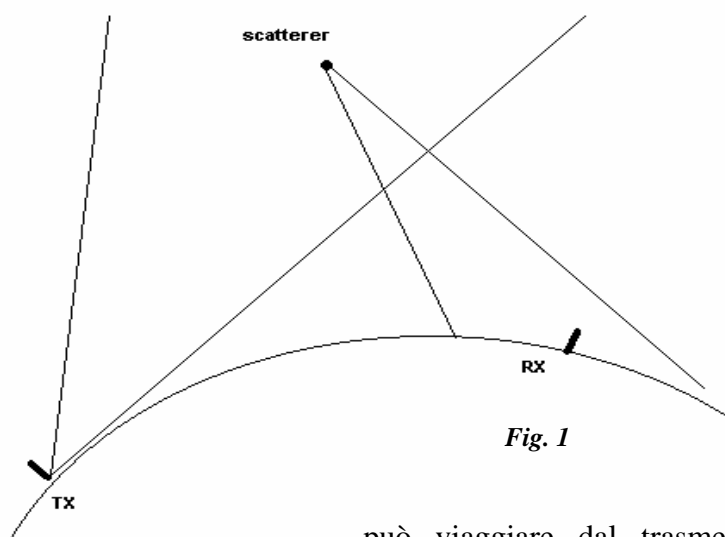
Conseguentemente, è difficile mettere in relazione la magnitudine assoluta della rivelazione radio con l'equivalente magnitudine dell'osservazione visuale.

Questo articolo descrive un metodo di rivelazione di tracce meteoriche tramite una tecnica radio-amatoriale la quale fornisce maggiori informazioni

quantitative sullo scattering delle tracce meteoriche rivelate, che i metodi di radio-scattering tradizionali.

Il radio scattering: In genere l'energia di un segnale radio

può viaggiare dal trasmettitore a un ricevitore seguendo diverse modalità di percorso; direttamente, seguendo un percorso per così dire a vista, per via di onde di terra, da riflessione ionosferica, da diffusione troposferica o da diffusione (scattering) da altri oggetti illuminati dal trasmettitore e visibili dal ricevitore.



Il metodo usuale per rivelare tracce meteoriche, è il cosiddetto “forward scatter” (diffusione in avanti), esso consiste nell'usare un segnale del trasmettitore la cui frequenza e distanza siano selezionate in modo che il trasmettitore illumini l'orizzonte sopra il ricevitore, ma al ricevitore non arrivi nessun segnale (o comunque di entità irrilevante) tramite riflessione ionosferica, percorso di terra o per via diretta. In pratica se la geometria del sistema è ideale, una parte del segnale subirà uno scattering in avanti verso il ricevitore, solo quando una traccia meteorica (o un oggetto qualsiasi) comparirà nella zona di cielo illuminata dal trasmettitore, ecco che allora nel ricevitore si udirà il segnale del trasmettitore, in questo modo le meteore possono essere contate. La figura 1 illustra il concetto dello scattering sopra l'orizzonte.

Il metodo doppler usa la stessa geometria ma, non si limita a rivelare solo l'ampiezza del volume del segnale che raggiunge il ricevitore, ma può misurare la frequenza con grande precisione.

Se lo scattering è diffuso da un oggetto in movimento, il suo segnale in arrivo al ricevitore sarà affetto da uno spostamento doppler (doppler-shift). Esaminando lo spettro del segnale diffuso si riveleranno informazioni sul movimento della sorgente che provoca lo scattering. Dalla geometria del percorso del segnale il doppler-shift (spostamento doppler) rivelato è corrispondente alla variazione del percorso del segnale,

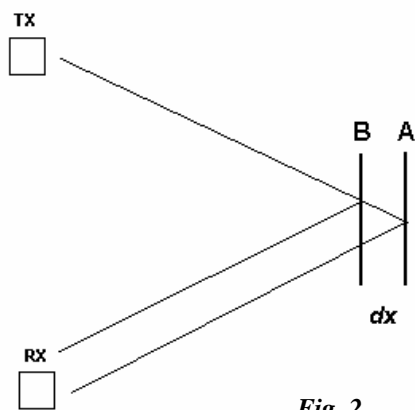


Fig. 2

tra trasmettitore e ricevitore che viene diffuso dall'oggetto in movimento, che, non è uguale al movimento dell'oggetto. Per esempio: se il trasmettitore ed il ricevitore sono relativamente vicini e l'oggetto è in avvicinamento ad entrambi, la variazione della lunghezza del percorso trasmettitore-ricevitore è approssimativamente il doppio della velocità dell'oggetto; nella fig.2, l'oggetto riflettendo il segnale si muove di una distanza dx da A a B, mentre la

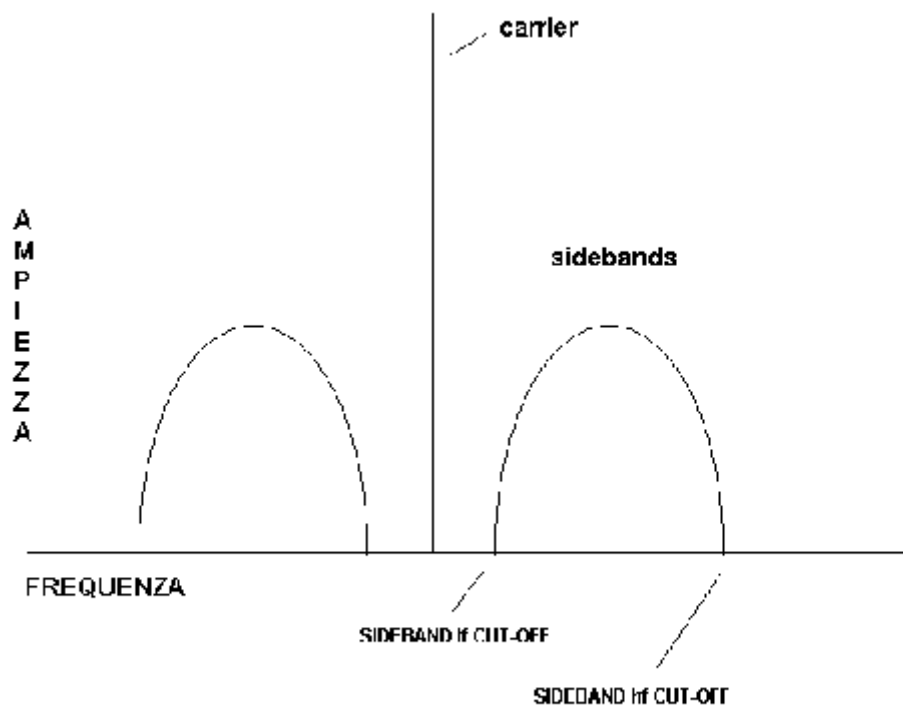
lunghezza del percorso tra trasmettitore-A-ricevitore, differisce dal percorso trasmettitore-B-ricevitore di $2 dx$.

Vi sono due tipi di velocità in un evento meteorico. La velocità della stessa meteora, generalmente si tratta di decine di Km al secondo, e la velocità della traccia ionizzata risultante dall'evento che è uguale alla velocità dei venti in quote molto alte, tra gli 80 e

i 100 Km di altezza.

Tipicamente la velocità dei venti a queste quote sono nell'ordine di alcune centinaia di metri al secondo. La traccia lasciata dalla velocità della meteora, dura frazioni di secondo, mentre quella della scia ionizzata può durare da alcuni secondi a qualche minuto.

Scelta del segnale trasmittente: Il metodo di rivelare piccoli doppler-shift impone che il segnale usato come trasmittente, debba avere una portante (carrier) stabile e abbastanza pura, cioè priva di spurie. Questa necessità esclude l'uso di tutti i segnali modulati in frequenza (FM), come quelli usati normalmente nella banda VHF 88-108 Mhz, lo stesso vale per la componente audio della TV (anche questa in FM). Il sistema adottato si basa sul monitoraggio di un segnale modulato in ampiezza (AM), questo segnale consiste in una portante (carrier) di una certa frequenza, es. 21.000 KHz; ai lati del carrier compaiono due bande laterali, una di frequenza maggiore, ed una di frequenza minore del carrier, la fig. 3 illustra la disposizione del carrier e delle due bande laterali simmetriche di un segnale AM.



AM spettro del segnale

Fig. 3

Per rivelare il doppler-shift del segnale diffuso da una traccia meteorica è necessario che il segnale trasmittente non includa le bande laterali che potrebbero coprire l'effetto doppler. Per esempio alla frequenza di un carrier di 100 Mhz, l'effetto doppler corrispondente ad una variazione della lunghezza di percorso del segnale riflesso di 400 m/s, dovrebbe essere 133 Hz; più alto in frequenza è il carrier, più alto è proporzionalmente il doppler-shift del segnale riflesso.

I tipici segnali video TV sono in AM, ma le bande laterali iniziano a +/- 50 Hz che corrisponde alla componente più bassa del segnale video, per questo motivo nel segnale video TV non vi è abbastanza spazio tra il carrier e la più bassa componente delle bande laterali per rivelare i segnali di doppler- shift riflessi dalla meteora.

I segnali delle emittenti broadcast in onde corte sono anch'essi modulati in ampiezza, ma la frequenza di taglio delle bande laterali sono intorno ai 300 Hz, cioè vi è una zona utile per rilevare il doppler-shift di 300 Hz tra il carrier e le bande di modulazione laterali. Con un carrier di frequenza che va dai 10 Mhz ai 100 Mhz si hanno buone zone utili per la rivelazione del doppler-shift, essendo la distanza tra il carrier e le bande laterali sufficientemente larga per rilevare i doppler-shift.

Lo svantaggio dei segnali AM in onde corte è che questi segnali sono fortemente riflessi dalla ionosfera, quindi serve molta attenzione e pazienza nel scegliere un segnale AM: il trasmettitore deve essere posto ad una distanza tale da non rivelare il segnale riflesso dalla ionosfera, questo dipende dall'angolo incidente dell'onda del trasmettitore rispetto alla ionosfera; nello stesso tempo il ricevitore deve essere ad una distanza tale da non ricevere il segnale per via diretta, questa zona d'ombra per i segnali diretti viene chiamata "skip-distance", questa distanza è in relazione con la frequenza, e dipende dall'ora del giorno e dalla proprietà di propagazione della ionosfera (legata anche all'attività solare). Per frequenze che cadono sulle onde corte, la zona si estende per un

raggio maggiore di 150 Km dal trasmettitore, la fig. 4 illustra il meccanismo.

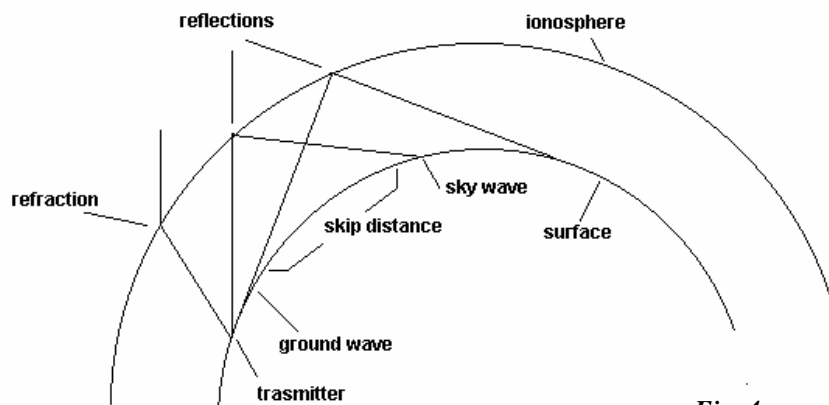


Fig. 4

L'esperimento che descrivo usava principalmente un segnale AM prodotto da un'emittente broadcast in onde corte e precisamente Radio Svizzera International, il cui segnale viene trasmesso dal territorio svizzero sulla frequenza di 21.710 Mhz. Il segnale è probabilmente emesso con un angolo rispetto alla ionosfera sufficientemente basso per servire probabilmente il continente sudamericano, ma l'angolo visto dal mio ricevitore, che si trova a circa 350 Km in linea d'aria dal trasmettitore, è troppo acuto per ricevere il segnale riflesso dalla ionosfera. In realtà una minima percentuale di segnale è ricevibile (forse per via troposferica), ma molto debole, questo non pregiudica la cosa ma, anzi facilita l'identificazione della stazione radio da monitorare.

Rivelazione del doppler-shift: Come spiegato sopra, il segnale consiste in una frequenza di carrier (21.710 Mhz nell'esperimento citato), composto da due bande laterali che iniziano a 300 Hz da entrambi i lati del carrier i segnali di scattered si rivelano ad alcune decine di Hz dal carrier. Il carrier e le sue bande laterali arrivano al ricevitore per varie vie, da scattering della ionosfera, da non omogeneità della troposfera o da back-scattered (diffusione all'indietro) e dal terreno dopo due riflessioni ionosferiche. In tutti i casi, si tratta di segnali di basso livello. I ricevitori amatoriali generalmente hanno un'uscita audio con una banda passante che taglia drasticamente le frequenze al di sotto dei 100 Hz, quindi è conveniente ricevere il segnale nel modo SSB (Single Side Band), cioè una sola banda laterale, portando la nota audio del carrier circa ad 1 Khz: quindi il segnale di doppler-shift (df), anch'esso viene traslato sulle frequenze audio di 1000 Hz +/- df Hz.

A questo punto abbiamo bisogno di un programma per la visualizzazione del segnale doppler. Vi sono parecchi programmi in grado di digitalizzare un segnale audio per poi produrre una uscita grafica che rappresenti le varie frequenze e il loro andamento nel tempo, in pratica si tratta di produrre uno spettrogramma.

L'articolo originale era accompagnato da un ottimo programma dedicato, che genera dei dopplergrammi partendo dal segnale audio prelevato dal ricevitore, ma per i miei esperimenti avevo a disposizione un ormai datato ricevitore FRG 7 della YAESU con l'oscillatore che andava "un pò troppo a spasso" per questo programma (mi ci voleva più di un'ora perché si stabilizzasse): aveva una tolleranza di poche decine di Hz. Ho trovato più confacente ai miei scopi utilizzare un noto programma shareware, SPETTROGRAM, che genera ottimi spettrogrammi con una banda che va da qualche Hz a qualche Khz nel dominio del tempo; la schermata grafica è piacevole e il programma lavora in FFT (Fast Fourier Transform), con parecchie opzioni di analisi e

valori di settaggio.

Centrando la schermata sulla frequenza di 1Khz, si può seguire il segnale del carrier e, sopra e sotto questo, le due bande laterali; tra il carrier e le bande laterali vi è la zona dove si rivelano i segnali doppler riflessi da un oggetto illuminato dal trasmettitore e visto nel medesimo tempo dal ricevitore. Il segnale doppler se appartiene ad esempio ad un aereo (molto frequente nel mio caso) in avvicinamento, verrà evidenziato con la comparsa di un segnale più debole del carrier che ha inizio qualche decina di Hz sopra il carrier stesso (il percorso del segnale riflesso dall'aereo è più corto del percorso che segue il segnale del carrier) , per poi passare in un certo tempo (legato alla velocità relativa dell'aereo) a essere sovrapposto al carrier (l'aereo in questo caso non ha doppler-shift perche il percorso dell'onda riflessa è uguale al percorso dell'onda ricevuta dal ricevitore del carrier); in seguito il segnale doppler si abbasserà al di sotto del carrier per sparire in concomitanza dell'inizio della banda laterale inferiore (in questo caso l'aereo si stà allontanando e il percorso del segnale riflesso diventa più lungo del segnale originale del carrier), nella fig.5 si vede un esempio di doppler-shift generato da un aereo di linea.

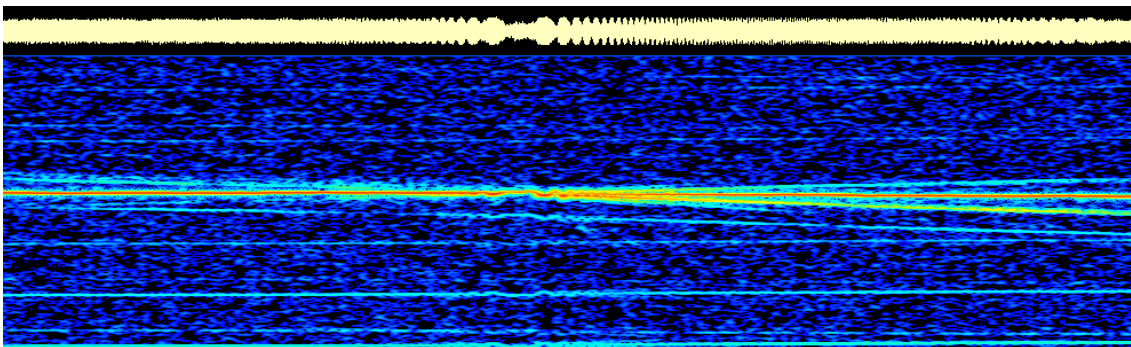


Fig. 5

Nel caso di una traccia meteorica, ci si aspetta una traccia di intensità proporzionale all'energia dell'evento, e della durata di una frazione di secondo, o al massimo di qualche secondo (bolidi lenti). La velocità della meteora potrà essere misurata con sufficiente precisione osservando l'angolo del doppler shift rispetto al carrier: più l'angolo è acuto, più la velocità della meteora è elevata. Da questo è possibile risalire all'appartenenza della meteora ad un particolare sciame. Inoltre è possibile seguire l'evolversi della scia ionizzata per alcuni secondi o anche minuti, prima che i venti in quota la disperdano; è probabile che ogni evento meteorico di una certa entità sia associato ad una coda con velocità più bassa dell'ordine di alcune centinaia di metri al

secondo (dipendente dalla velocità dei venti in quota), in questo caso la traccia viene rilevata con una caratteristica forma a uncino, vedi esempio la fig.6.

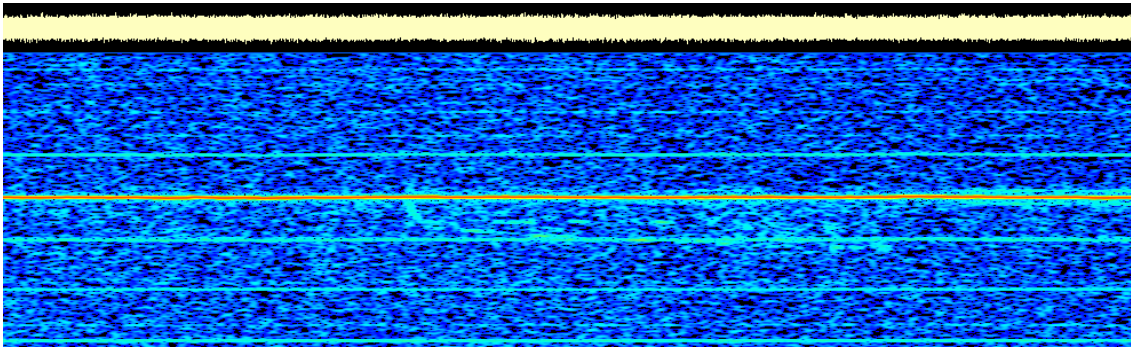


Fig. 6

Conclusioni: La tecnica del doppler-shift è molto promettente in campo amatoriale e consente dopo un periodo di rodaggio e affinamento delle tecniche strumentali di ottenere validi monitoraggi di sciami meteorici, non solo dal punto di vista quantitativo ma anche sotto l'aspetto qualitativo. Il problema principale sta nella pazienza nel trovare un carrier adatto (ho passato molte ore a monitorare emittenti broadcast in onde corte sulle bande dei 17 e 21 Mhz), nel mio caso dopo aver usato il carrier di Radio Svizzera International sui 21.710 Mhz per alcuni mesi, ho scoperto con rammarico la cessazione dell'attività di questa emittente; poco male perchè in seguito ho avuto la fortuna di scoprire un eccellente carrier sui 26.200 Mhz, questa emissione in AM, non è un'emittente broadcast, ma probabilmente qualche ripetitore dati a banda larga, mi è anche sconosciuta la locazione del trasmettitore e per esperienza, è molto difficile risalire al sito del trasmettitore, perché il segnale che giunge al ricevitore può avere varie modalità di percorso. Questo dato anche se utile, comunque non è strettamente necessario ai fini del monitoraggio delle meteore.

Finora ho effettuato monitoraggi sporadici, più per controllare la tecnica che per rilevare dati, purtroppo ho iniziato queste sperimentazioni in febbraio, periodo scarso di sciami meteorici (in compenso rilevo un sacco di aerei). Il vero banco di prova potrebbe essere il monitoraggio delle Perseidi; per rendere il sistema automatico si potrebbe registrare con un registratore il carrier all'uscita audio del ricevitore e, in seguito, analizzarlo con il programma SPECTROGRAM. Tutto il sistema potrebbe essere reso automatizzato, facendolo partire con un timer, oppure salvato su l'hard-disk del PC, magari in un formato compresso. Le migliorie sono possibili e il programma originale accoppiato con un buon ricevitore amatoriale probabilmente è migliore di quello che

uso attualmente; per le antenne basta un dipolo tagliato per la frequenza del carrier e orientato nella zona di cielo che interessa monitorare ciò non toglie che sistemi più complessi, come ad esempio antenne direttive ecc. possano dare migliori risultati.

Questo articolo è la libera traduzione dall'inglese di una pubblicazione dell'International Meteor Organism (IMO), che potete visionare al sito: www.imo.net

Fabio Drescig fabio@grrat.cjb.net