

RADIOONDE

Bollettino aperiodico del Gruppo Radio Pavese - N. 6, marzo 97

Fotocopiato in proprio, distribuito gratuitamente, è gradita la collaborazione dei lettori - Il N. 5 è stato inviato a 45 lettori

Redazione: Ezio Mognaschi, v.le Gorizia, 63 - 27100 Pavia, tel. 0382 539522, posta elettronica mognaschi@pavia.infn.it

Hanno collaborato a questo numero: L. Barbi, D. Carpenè

Sommario: L'informazione - Notizie, p. 1; L'ICR 71 sotto i 100 kHz - RTTY Greatest Hits, p. 2; Omissum - Le stazioni di tempo BPV e BPM, p. 3; Radiosegnali naturali in banda VLF, p. 4-6.

L'informazione

Da poco più di un anno si assiste, nel settore dell'*hobby* delle radioricezioni, all'apparire di nuovi organi di informazione nati come risposta alle esigenze di comunicazione sorte in alcune specializzazioni dell'*hobby*. Questi nuovi organi si possono dividere in tre categorie: 1) quelli realizzati su carta stampata, come il presente; 2) quelli diffusi via posta elettronica, 3) quelli realizzati sotto forma di sito Internet. Per le caratteristiche di alcuni di questi organi si veda la scheda riportata più sotto. Tutti hanno in comune tra loro lo scopo di far circolare tempestivamente notizie, informazioni, dati e commenti. Ciascuno ha proprie peculiarità, brevemente indicate nella scheda, e si indirizza a settori dell'*hobby* che risultano non coperti, o malamente coperti, dalla stampa esistente. Un foglio stampato non può ovviamente competere in velocità di comunicazione con i mezzi elettronici, ma, rispetto a questi ultimi è di più facile accesso (non tutti sono in grado, per varie ragioni, di accedere ai mezzi elettronici) e può essere consultato anche in situazioni e momenti nei quali non si abbia la possibilità, per vari motivi, di un collegamento elettronico. C'è un futuro per la carta stampata? Probabilmente sì a patto che punti ad un alto livello qualitativo e sfrutti tutte le proprie potenzialità.

L'elenco che segue, ben lungi dall'essere completo, offre una panoramica dei nuovi organi di informazione oggi esistenti. Si conta sulla collaborazione dei lettori per aggiornare e completare l'elenco.

1) Bollettini su carta stampata, in genere fotocopiati

- *Radioonde*, v. testata, dedicato agli aspetti scientifici e tecnici della radio

- *The Florence DX Newsletter*, 4 numeri l'anno, curato da L. Cobisi, Firenze, edito da Edizioni Medicea, v. Gordigliani 40/e, 50127 Firenze, bilingue italiano-inglese, inviato gratuitamente a chi collabora con ascolti o notizie DX.

2) Bollettini via posta elettronica

- *Pirate News*, curato da B. Pecolatto, Pont Canavese (TO), dedicato alle stazioni pirata, e-mail pecolatto@eponet.it

- *The Four Winds*, curato da G. Serra, Roma, dedicato alle stazioni di radiodiffusione in OC, e-mail g.serra@iol.it

- *SW-ITA*, curato da A. Borgnino, Torino, qualsiasi specialità del radioascolto tra 0 e 30 MHz, e-mail

lista@pc10.cisi.unito

- *WUN, Worldwide Ute News Club*, esclusivamente radioascolto *utility*, in inglese, curato da R. Baker, gratuito per via elettronica, richieste a majordomo@grove.net; per copia su carta U.S. \$ 1.50, richieste a Tim Braun, P. O. Box 16533, Washington, D. C. 22041-6533, USA

3) Siti Internet

- <http://www.alpcom.it/hamradio/bcl/radioit.html>, curato da P. Morandotti, con l'indicazione delle frequenze di tutte le stazioni radio che trasmettono in italiano, aperto alla collaborazione dei lettori, e-mail pmo@iol.it

- *Medi DX News*, bollettino in spagnolo del *Grupo DX Mediterraneo* dedicato all'ascolto delle OL ed OM, edito da J. Sotomajor, Sevilla, <http://www.geocities.com/SiliconValley/4847/>, e-mail jgarzon@arrakis.es

Notizie: * L'ora legale (UTC + 2) sarà in vigore dalle 0200 del 30 marzo alle 0300 del 26 ottobre 1997.

* Si ricordano ancora le date per gli ascolti coordinati del programma VLF '97:

nel mese di marzo l'1, il 2, l'8 e il 9 alle ore 0500 UTC, il 15, 16, 22 e 23 alle ore 0500 e alle 0600 UTC, il 29 e 30 marzo ed il 5 e 6 aprile alle 0500 UTC. In ciascun giorno è cioè prevista una sessione tra le 0500 e le 0506 UTC, mentre nei sabati e nelle domeniche immediatamente prima e dopo l'equinozio è prevista anche una seconda sessione tra le 0600 e le 0606 UTC.

* **Sabato 22 marzo, ore 14.30, riunione congiunta del Gruppo Radio Pavese e del Gruppo Locale A.I.R. presso il Dipartimento di Fisica "A. Volta" dell'Università di Pavia. All'odg discussione di importanti novità riguardanti l'A.I.R. e Radiorama in vista dell'assemblea A.I.R. del 25-27 aprile a Colloredo di Monte Albano (UD) e Pordenone.**

L'ICR 71 sotto i 100 kHz

di Luca Barbi

Già da tempo avevo sentito dire che il caro ICR 71 poteva ricevere al di sotto dei 100 kHz senza modifiche circuitali. Dopo aver collezionato diversi articoli sull'argomento, tratti da varie riviste del settore, ho iniziato gli esperimenti del caso. Tra tutti i suggerimenti e le varie tecniche riportate per effettuare questa operazione, ne ho messa a punto una del tutto personale che garantisce sempre il risultato al primo colpo.

In cosa consiste. Si tratta di ubriacare il 71 con funzioni non corrette, di conseguenza la logica del ricevitore è colta da collasso e il buon 71 va in KO tecnico.

Procedura. Posizionatevi su una memoria qualsiasi, ma per comodità di ricerca vi consiglio la numero 1 oppure la 32, cancellate il contenuto della memoria da voi prescelta con la seguente successione: premere il tasto FUNC, a conferma si accenderà la spia rossa corrispondente e subito dopo premere il tasto CLEAR. A questo punto sul *display* del ricevitore scomparirà l'indicazione della frequenza, resteranno visibili solo i puntini di riferimento decimale, il modo operativo e il numero della memoria. Ora, per mezzo del pulsante VFO/M portatevi in modo M *memory*. Adesso sarà sufficiente ruotare ad alta velocità la manopola di sintonia in senso orario, e la manopola MEMORY - CH in senso antiorario e, dopo qualche secondo, apparirà sul *display* il tanto sospirato 0.000.0. Alla comparsa del fatidico zero non fatevi tentare di sintonizzare il ricevitore, ma passate immediatamente alle operazioni di memorizzazione in modo da poterne disporre sempre senza ripetere questa particolare operazione. Per la memorizzazione di questo valore si procede come al solito: si spinge il tasto M => VFO per riportare il dato su uno dei due VFO, si selezionerà la memoria precedentemente liberata per l'occasione e, per confermare la scrittura in memoria, sarà sufficiente pigiare il tasto WRITE.

Ora il vostro ICR 71 sintonizzerà correttamente da 0 a 30 MHz, e il tutto è anche gratis! Ora per poter sintonizzare da 0 sarà sufficiente selezionare il canale di memoria dove abbiamo scritto questo dato e ricordarsi di ruotare la manopola di sintonia solo in senso ORARIO almeno fino ai 100 kHz, altrimenti si balza direttamente a 30 MHz.

Anche per questa volta è tutto, non mi resta che augurarvi buon ascolto sotto i 100 kHz.

RTTY Greatest Hits

di Luca Barbi

Per chi si avvicina all'affascinante mondo dell'ascolto RTTY in HF, uno degli scogli più grossi è senz'altro trovare informazioni attendibili e valide per poter iniziare ad approfondire le proprie conoscenze, ma non solo di carattere tecnico, come ad esempio frequenze e suggerimenti sull'interpretazione di quanto ricevuto, ma soprattutto di tipo pratico.

Un riferimento sicuro per gli appassionati del settore è senza dubbio l'inesauribile Klingenfuss Publications, sicuramente uno tra gli editori più qualificati del settore. Dai suoi libri è possibile attingere notizie su tutto, o quasi, quello che riguarda il discorso sulle stazioni di utilità... e non solo dai libri. Ora sono disponibili alcune opere anche in CD ROM, e questa volta spendiamo due parole su un CD-ROM ma di tipo AUDIO.

Si tratta, per così dire, di una "*compilations*" composta da 2 CD AUDIO con ben 71 registrazioni da circa 2 minuti ognuna, dove sono contenuti piccoli campioni di tutti (o quasi) i segnali che possiamo sentire principalmente in HF, ma anche in VHF. Sicuramente il "*Compact Disc Recording of Modulation Types*". questo è il titolo per esteso, sarà di grande aiuto ai "novizi" per imparare a riconoscere i vari suoni tipici, ma questo doppio CD non può mancare nemmeno all'*utility listner* più "smaliziato" che potrà cimentarsi nello studio approfondito e nell'analisi dei segnali più rari e quindi poco facili da sentire via radio.

Dando una sbirciatina alla documentazione allegata, salta all'occhio un particolare interessante, oltre ai sistemi che più o meno possiamo ricevere con i demodulatori di tipo avanzato come HOKA CODE30, CODE3, CODE3 GOLD, Wavecom W4100, W4010, Universal M7000 e M8000, sono presenti anche tanti campioni di segnali per noi non decodificabili. A prima vista sembrerebbe un controsenso ma, pensandoci bene, imparare a riconoscere segnali che non possiamo decodificare ci facilita nella ricerca su quelli che effettivamente possiamo ricevere.

Oltre ai segnali RTTY "tradizionali" sono presenti anche segnali FAX, FAX via satellite, SSTV e l'Helsreiber, quest'ultimo ormai scomparso da tempo dall'etere, vi sono poi esempi di trasmissioni SSB a portante soppressa ed esempi di trasmissione SSB con sistemi di *scrambler*. Alcuni solchi del CD sono stati dedicati anche ai sistemi utilizzati in VHF, troviamo infatti campioni di PACKET utilizzato in prevalenza dai radioamatori, i sistemi POCSAG e GOLAY che sono tra i più diffusi sistemi di *paging* (Teledrin), e il sistema ACARS utilizzato per lo scambio dati tra aerei in volo e torri. Sul sistema ACARS vi racconterò vita morte e miracoli in modo più approfondito in una prossima puntata. Scorrendo avanti e indietro per la lunga lista delle '*hits*', in classifica troviamo anche una dozzina di sistemi denominati CIS System utilizzati nell'ex Unione Sovietica, e poi tutti i sistemi più diffusi e "comuni" come Baudot, ARQE, ARQ E3, ARQ 6, ARQ M2, ARQ M4, DUP ARQ, POL ARQ, SITOR A & B, FEC A, TWINPLEX, PACTOR, PACKET e quelli più rari come

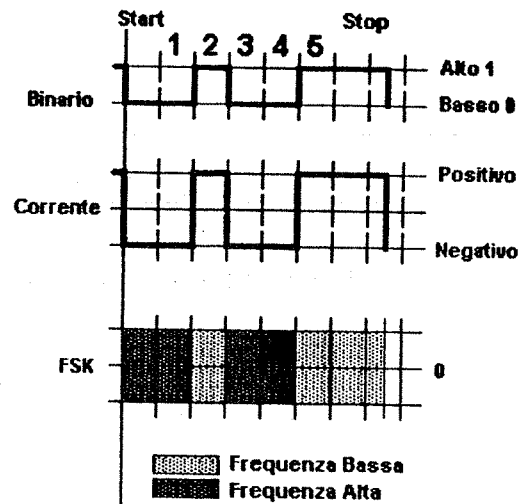
AUTOSPEC, ARQ N, TOR G, SI ARQ, SI FEC, SPREAD 51, HNG FEC, ROU FEC, Piccolo, Coquelet e, per non far torto a nessuno, concludo l'elenco con il classico ... e tanti altri ancora. Di alcuni sistemi "comuni" vi sono poi esempi con piccole varianti, come velocità differenti per lo stesso sistema, sistemi con inversione dei bit, alfabeti arabi e cirillici, cicli di ritrasmissione dei caratteri differenti come nello SWED ARQ o nell'ARQ 6.

L'idea di raccogliere e registrare campioni di segnali

RTTY non è una grossa novità, negli anni scorsi circolavano diverse "raccolte", ma senza dubbio l'idea migliore, e la vera novità, sta nel fatto di avere registrato i campioni su CD. Avrete certamente già intuito quali possono essere i vantaggi: supporto indistruttibile ed inalterabile, altissima qualità di riproduzione, facilità nella ricerca del brano e ripetizione dello stesso praticamente all'infinito, ma soprattutto la stabilità della velocità di riproduzione, e questo vuol dire che potete collegare l'uscita del vostro lettore CD al decoder e... decodificare i segnali come dalla radio, cosa quasi impossibile con le registrazioni su cassetta.

Anche se il prezzo forse può sembrare un po' elevato, a mio avviso vale la pena di fare un pensiero all'acquisto, e per chi volesse inserire nella propria discoteca, tra Mina e i Pink Floyd, il doppio CD "Compact Disc Recording of Modulation Types" può rivolgersi a Promoradio, Scala Santa, 164 - 34135 Trieste, oppure può richiederlo direttamente all'editore all'indirizzo: *Klingenfuss Publications*, Hagenloher Str. 14, D-72070 Tübingen, Germania. Il costo dovrebbe aggirarsi circa sui 100 DM. Non mi resta che augurarvi, come al solito, buon ascolto e buon divertimento.

Omissum In Radioonde n. 5, nell'articolo di L. Barbi a p. 3, è stato omissso, per un errore di impaginazione, un disegno dell'Autore citato nel testo a metà pagina. Ci scusiamo con l'Autore e con i Lettori e lo proponiamo qui sotto.



Le stazioni di tempo BPV e BPM

di Ezio Mognaschi

Durante un recente viaggio in Cina ho avuto modo di ricevere alcune stazioni di tempo in OC di quel lontano paese, difficilmente ricevibili in Europa. Ho utilizzato un vecchio ricevitore portatile Sony TR-725 dotato di antenna in ferrite anche per le OC.

A Shanghai ho potuto ricevere il 960926 la stazione di tempo BPV su 5 MHz, dalle ore 0105 alle ore 0132 locali. L'identificazione è stata possibile non tanto dall'annuncio fatto da una voce femminile prima dello scoccare del minuto, ma dal nominativo trasmesso in CW due volte al nono minuto dell'ora. Il segnale era debole, c'era un forte QRM e l'interferenza di una stazione di tempo russa che trasmetteva i caratteristici impulsi ogni decimo di secondo. Ho usato come antenna un filo di 10 m lasciato pendere dalla finestra della mia camera all'ottavo piano dell'albergo. Non è stato invece possibile ricevere la stessa stazione su 10 MHz, anche se, su questa frequenza, emette in continuazione. BPV è situata a Shanghai e trasmette su 5, 10 e 15 MHz con potenza da 5 a 15 kW ed antenna omnidirezionale.

A Hangzhou (300 km a SW di Shanghai) ho invece ricevuto molto forte e senza antenna esterna la stazione BPM a 5 MHz tra le 0640 e le 0700 locali del 960929. L'ID, solo in CW, era trasmesso 2 minuti prima dell'ora. Di questa stazione di tempo non ho potuto rintracciare le caratteristiche.

Anche a Xi'an il 961001 è stato possibile ricevere una stazione di tempo con forte segnale su 5 MHz, ma non è stato possibile identificarla, mentre a Pekino il 961003 non ho ricevuto alcuna stazione di tempo.

Da p. 4 di questo numero di Radioonde inizia la pubblicazione di una monografia sui segnali radio di origine naturale. Per esigenze di spazio la monografia viene suddivisa in parti.

Radiosegnali naturali in banda VLF (Parte I)

di Ezio Mognaschi

1. Introduzione

In questa rassegna prenderemo in considerazione diversi tipi di radiosegnali naturali: dai più semplici e noti a tutti ai più rari e difficili da osservare, da quelli la cui origine è ben conosciuta a quelli di origine ancora sconosciuta.

Ci limiteremo ai segnali osservabili da Terra in quanto questa situazione corrisponde alle normali possibilità di un radioamatore; si tenga però presente che molto più ricco è il panorama dei radiosegnali osservabili con i satelliti artificiali in grado di penetrare in quelle regioni di spazio ove si propagano, si modificano o si formano i radiosegnali naturali. I segnali osservabili con i satelliti verranno però menzionati ove essi hanno consentito la spiegazione di fenomeni osservati a Terra.

Ci interesseremo in particolare della banda VLF (3-30 kHz) ed ELF (0.3-3kHz), tenendo presente però che la divisione tra banda VLF ed ELF è, in qualche modo, artificiale ed useremo in senso lato il termine VLF per indicare tutte le frequenze alle quali si osservano emissioni radio naturali a bassa frequenza.

Le principali sorgenti di segnali elettromagnetici naturali osservabili in banda VLF (ed ELF) sono le scariche elettriche che avvengono nell'atmosfera. Si pensi che, in ogni istante, sono in corso su tutta la Terra circa 2000 temporali e che la corrente media generata da un temporale è di 1 A; poiché la differenza di potenziale ΔV tra Terra ed ionosfera è di circa 3×10^5 V, la potenza media sviluppata dai temporali è di circa 6×10^8 W, cioè quasi 1 GW. La Fig. 1 illustra in modo schematico le correnti tra Terra ed ionosfera.

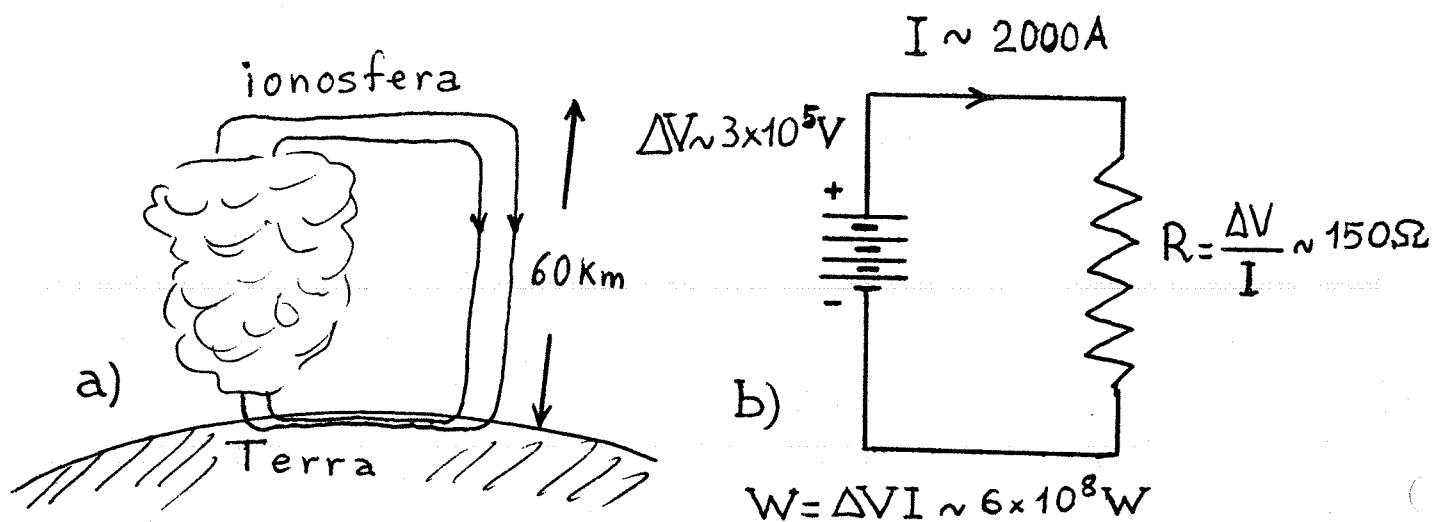


Fig. 1 - a) Le correnti elettriche tra Terra ed ionosfera; b) Circuito equivalente del sistema Terra-ionosfera.

La grande potenza in gioco fa comprendere perché l'atmosfera sia l'origine della maggior parte dei segnali radio naturali.

Altre sorgenti di segnali naturali sono le particelle cariche in moto accelerato nella magnetosfera; inoltre le interazioni tra particelle cariche in moto e le onde elettromagnetiche possono dar luogo sia a modificazioni del moto delle particelle, sia a modificazioni della frequenza delle onde. Infine bisogna ricordare che non solo l'atmosfera del nostro pianeta è la sede ove vengono generati segnali elettromagnetici, ma sembra accertata l'esistenza di segnali emessi sotto l'azione di sforzi meccanici e nell'imminenza del rilascio, sotto forma di terremoto, dell'energia elastica immagazzinata nei materiali solidi che formano la crosta del pianeta.

La banda VLF, che sarà oggetto di studio, ha caratteristiche particolari quanto a stabilità della propagazione e sicurezza del collegamento radio; ma, come si può osservare dalla storia delle radiocomunicazioni, appena possibile essa viene abbandonata da qualsiasi servizio che ne fa uso allorché si riescono ad ottenere almeno le stesse prestazioni su

frequenze più alte. Anche ai nostri giorni servizi come quelli di trasmissione di telefoto, di radiolocalizzazione e di diffusione di standard di tempo e frequenza stanno gradualmente trasferendosi, principalmente per motivi economici, ma anche per ottenere migliori prestazioni, dalle onde lunghe a canali a microonde via satellite. Verranno così liberati alcuni segmenti dello spettro elettromagnetico per i quali è già in vista un'utilizzazione scientifica in campo meteorologico e da parte dei radioamatori. Inoltre la caratteristica principale della propagazione in banda VLF è rappresentata dal fatto che le onde si propagano in modo molto efficiente, cioè con bassa attenuazione, nella guida d'onda costituita dallo spazio compreso tra la superficie terrestre e gli strati più bassi della ionosfera, attraverso il meccanismo delle riflessioni multiple.

2. Radiosegnali naturali

2a. Statiche

Un tipo di radiosegnali ben noto a tutti sono le statiche. Queste emissioni sono originate da scariche elettriche naturali come i fulmini ed i lampi. Sono estese ed osservabili in un amplissimo intervallo di frequenze, da poche decine di Hz sino a centinaia di MHz. Il massimo di intensità si osserva però in banda VLF ed ELF, tra 1 e 30 kHz. In Fig. 2 è mostrata la distribuzione spettrale in frequenza dei segnali a radiofrequenza emessi da un fulmine. Le statiche si propagano con bassa attenuazione nella guida d'onda delimitata dalla superficie terrestre e dallo strato inferiore della ionosfera che sono entrambi conduttori e, a volte, mostrano una caratteristica dispersione (v. *tweeks*). Se si pensa al numero medio di temporali in azione ci si rende conto dell'abbondanza di queste emissioni. Esse sono peraltro casuali anche se si osservano intensificazioni stagionali.

Le statiche furono un ostacolo praticamente insormontabile per i primi sperimentatori delle radio comunicazioni nella loro ricerca volta ad utilizzare lunghezze d'onda sempre più lunghe (e quindi frequenze sempre più basse) per coprire distanze crescenti. Quando si spinsero a rivelare i deboli segnali provenienti da TX molto lontani che, nel processo di propagazione, erano divenuti di intensità paragonabile, o addirittura inferiore, a quella del rumore dovuto alle statiche dovettero ricorrere, per ottenere collegamenti affidabili, a TX sempre più potenti. Le onde lunghe vennero poi abbandonate, come sappiamo, a favore dell'uso delle onde corte, ultracorte e delle microonde, per le quali la intensità spettrale delle statiche è via via decrescente.

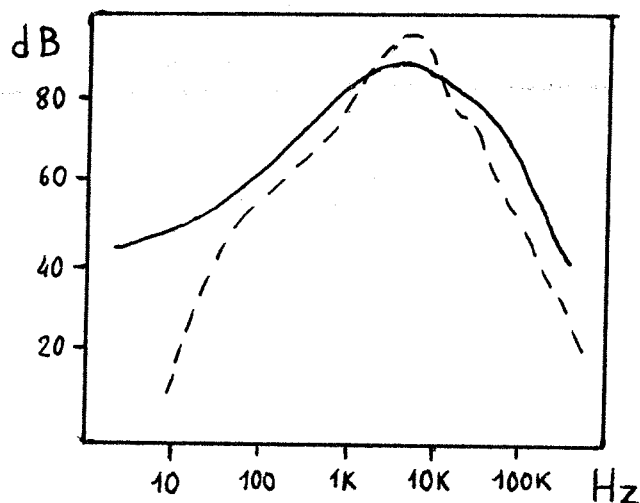


Fig. 2 - Spettro delle emissioni a radiofrequenza di un fulmine. La linea tratteggiata corrisponde ad un fulmine di breve durata, mentre quella continua ad una scarica di lunga durata.

Se prendiamo in considerazione un definito intervallo di tempo la corrispondente distribuzione temporale delle statiche può essere considerata come la sua impronta digitale e permette di distinguerlo da qualsiasi altro e, quindi, di identificarlo. Per averne una prova si osservi la Fig. 3 la quale è un montaggio e riporta, nella parte superiore, da 6 a 10 kHz, il sonogramma di una quarantina di secondi di statiche ricevute il 27.03.92 a partire dalle 0600 UTC, ad Hilversum, in Olanda, da Cor de Hoog e, nella parte inferiore, da 0 a 6 kHz, il corrispondente sonogramma delle statiche ricevute a Pavia dallo scrivente, nello stesso intervallo di tempo. Si noti l'impressionante coincidenza temporale di moltissime statiche. Questo fatto permette di ritenere che, almeno in ambito regionale, lo spettro del rumore dovuto alle statiche sia praticamente lo stesso. D'altra parte si può anche notare che alcune statiche sono presenti in un sonogramma, ma non nell'altro o che sono più intense in uno dei due sonogrammi, rispetto all'altro. Queste statiche sono, evidentemente, state generate relativamente vicino ad uno dei due luoghi di ricezione e non hanno raggiunto, o hanno raggiunto con intensità ridotta, l'altro. Ma la grande maggioranza di statiche, prodotte abbastanza lontano (ma non troppo) dai due luoghi di ricezione, vi sono giunte con intensità paragonabili. La ricezione di statiche da parte di due o più stazioni ha permesso di studiare il numero, la distribuzione, la frequenza e la localizzazione dei temporali sulla superficie terrestre.

2b. Tweeks

All'ascolto i *tweeks* hanno un suono metallico, come quello di una nota pizzicata su di un violino. Il loro nome è onomatopeico e ne descrive bene il suono. I *tweeks* si ascoltano prevalentemente di notte, ma, a volte, appaiono anche nel tardo pomeriggio e sono più frequenti in inverno.

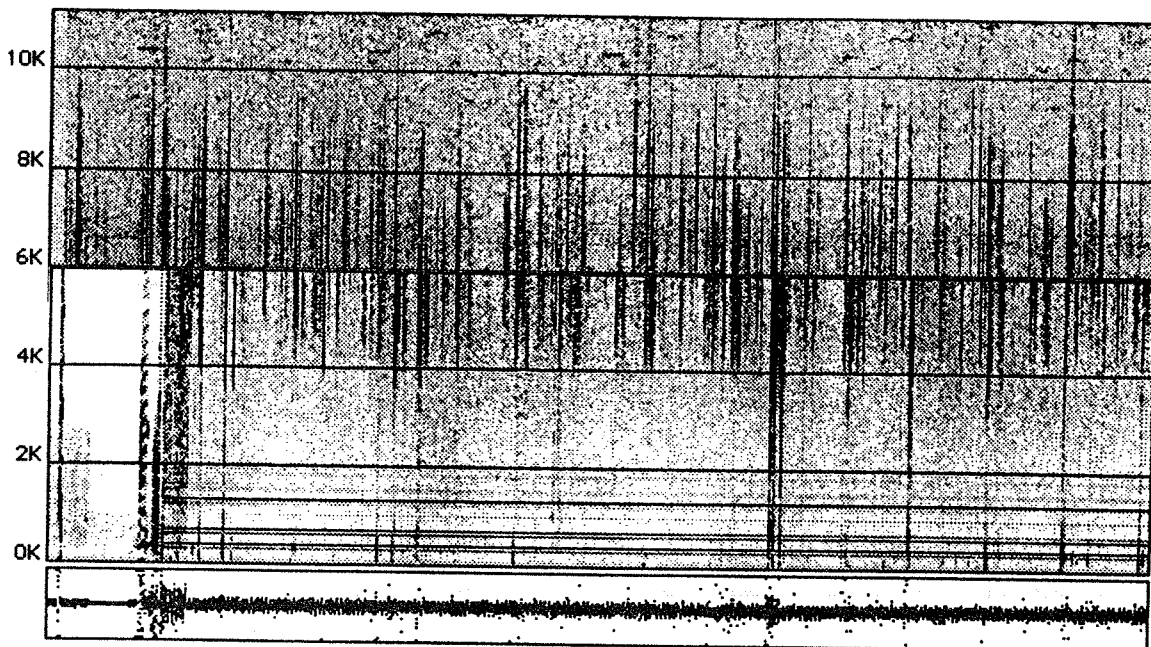


Fig. 3 - Coincidenza di statiche ricevute ad Hilversum, nella parte superiore del sonogramma, da 6 a 10 kHz, ed a Pavia, nella parte inferiore, da 0 a 6 kHz.

Proprio il meccanismo di propagazione delle statiche nella guida d'onda formata dalla superficie terrestre e dal bordo inferiore della ionosfera ha come conseguenza un fenomeno di dispersione che avviene intorno a 2 kHz e che viene trattato nell'Appendice A che sarà pubblicata in un prossimo numero di Radioonde.

Se indichiamo con h l'altezza apparente della ionosfera ad un determinato istante, dalla teoria delle guide d'onda, il cui sviluppo richiede idonei strumenti matematici, si ha che la propagazione per riflessioni multiple è possibile per lunghezze d'onda inferiori a $\lambda_c = 2h/n$, ove λ_c è detta lunghezza d'onda di *cutoff* ed $n = 1, 2, 3, \dots$ è un intero che numera i modi possibili, per $n = 1$ si ha il modo fondamentale, per $n = 2$ si ha il primo modo armonico e così via. λ_c rappresenta una lunghezza d'onda limite, per lunghezze d'onda al di sopra della quale non è possibile propagazione in guida.

Corrispondentemente, non è possibile la propagazione per frequenze inferiori a $\nu_c = cn/(2h)$.

Per il modo fondamentale $n = 1$ e $\nu_c = c/(2h)$. Frequenze inferiori a ν_c (o lunghezze d'onda superiori a λ_c) non possono propagarsi nel modo indicato e frequenze appena superiori a ν_c sono soggette a dispersione come dimostrato nell'Appendice A: cioè onde con frequenza maggiore di ν_c si propagano un po' più velocemente ed arrivano per prime all'osservatore, mentre frequenze più prossime a ν_c si propagano con velocità un po' più bassa ed arrivano dopo. La frequenza ν_c è detta frequenza di *cutoff* della guida e l'osservazione di questo fenomeno permette di determinare l'altezza apparente h della ionosfera in quell'istante. Il grado di dispersione è inoltre un'indicazione della distanza percorsa dal segnale nel senso che onde elettromagnetiche generate da statiche relativamente vicine all'osservatore vengono ricevute direttamente, mentre onde generate ad oltre qualche migliaio di km di distanza si propagano con il modo caratteristico della propagazione in guida e si osserva sia il fenomeno della dispersione che dà origine al *tweek*, sia il *cutoff*.

A volte si possono osservare *tweeks* multipli che corrispondono all'eccitazione simultanea di più modi, cioè non del solo modo con $n = 1$, ma anche dei modi superiori. Per ogni modo esiste una frequenza di *cutoff* e, per frequenze appena superiori a quelle di *cutoff* avviene il fenomeno della dispersione.

(segue)